

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**VICERRECTORADO**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**



**SELECCION DE UN ENGRASADOR NEUMATICO PARA EL MANTENIMIENTO  
DE VÁLVULAS EN EL GASODUCTO CARRASCO COCHABAMBA**

**TRABAJO EN OPCIÓN AL DIPLOMADO EN  
TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

**LENAR RONALDO GUTIERREZ OVANDO**

**Sucre –Bolivia**

**2023**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Lenar Ronaldo Gutierrez Ovando

Sucre, 07 de diciembre de 2023

## **DEDICATORIA**

Esta monografía está dedicada a:

A mis padres Pedro Gutierrez e Irene Ovando quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir mi meta, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios siempre está conmigo.

A mi hijo Adrián por ser la fuente de mi esfuerzo, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, me impulsas a cada día superarme y seguir adelante.

A mis hermanos Piter, Miguel, Magaly, Jhasmin y Jhordy por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mi padre por su amor y confianza, por su esfuerzo para darme un futuro mejor por estar siempre pendiente de mí, por su apoyo incondicional.

A mi madre por su inmenso amor, por estar presente en todos momentos de mi vida, por comprenderme en mis momentos más difíciles, por todo lo que me ha enseñado, por ser ejemplo de perseverancia y lucha, por no dejarme caer jamás.

A la Universidad Mayor Real y Pontificia San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de Tecnología a los docentes de la carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural por la paciencia, dedicación y por brindarnos toda la enseñanza necesaria para formarnos profesionalmente en sus aulas.

## RESUMEN

El mantenimiento de válvulas es un proceso muy importante en el área de transporte de hidrocarburos ya que si fallan estos elementos se puede generar problemas de atascamiento, corrosión, en momentos de emergencia o fugas, lo cual generaría daños económicos a la empresa y daños al personal. En este proyecto se propone la implementación de engrasadores neumáticos para la lubricación constante de las válvulas del gasoducto en estudio. En primer lugar, se diagnosticó la situación actual del mantenimiento de las válvulas del gasoducto Carrasco Cochabamba.

Por otra parte, se describió las características físicas y técnicas de un engrasador neumático para lubricación de válvulas mediante recopilación de información de catálogos, (equipos de grasa SAMOA, LAM Ingeniería proyectos y servicios, FLEXBIMEC fabricantes de equipos de lubricación y gestión de fluidos y JIT lubricación división Oil and Gas. Seguidamente, se seleccionó un engrasador neumático que se adapte a las condiciones de operación de las válvulas comparando varios tipos en función a la potencia, presión y consumo de aire necesaria, mediante cálculos de caudal de aire, presión de inyección de aceite(grasa), graficas de relación de consumo de aire y presión de inyección. En la cual se hace una comparativa con los valores ya establecidos en los catálogos mencionados.

Finalmente se propuso un plan de control y mantenimiento de engrasadores neumáticos para limpieza y lubricación de válvulas, las cuales indican los procedimientos a seguir paso a paso para lograr un mantenimiento preventivo adecuado de las válvulas que se encuentran en el gasoducto Carrasco Cochabamba.

Para concluir el proyecto, se realizó una evaluación económica de la implementación propuesta donde se confirma que el proyecto es factible y se recupera en poco tiempo. Además de los costos de implementación del proyecto.

Como consecuencia de la implementación incrementamos considerablemente la vida de servicio de los elementos del gasoducto mientras que, a su vez, reducimos el consumo de lubricante.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iv
INDICE DE FIGURAS .....	ix
INDICE DE TABLAS.....	x
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivo Específicos .....	2
1.3 JUSTIFICACION .....	2
1.3.1 Justificación Práctica .....	3
1.3.2 Justificación Teórica .....	3
1.4 METODOLOGIA.....	3
1.4.1 Técnicas de Investigación.....	3
1.4.2 Instrumentos de Investigación .....	4
<b>CAPITULO II: DESARROLLO.....</b>	<b>5</b>

2.1	MARCO TEORICO .....	5
2.1.1	Marco Conceptual.....	5
2.1.1.1	Gasoducto .....	5
2.1.1.2	Válvulas .....	5
2.1.1.3	Importancia de las válvulas en gasoductos .....	5
2.1.1.3.1	Control del flujo.....	5
2.1.1.3.2	Seguridad operativa .....	6
2.1.1.3.3	Mantenimiento y reparación .....	6
2.1.1.4	Mantenimiento de válvulas .....	6
2.1.1.4.1	Mantenimiento preventivo de válvulas.....	6
2.1.1.4.2	Mantención Rutinaria en una Válvula .....	7
2.1.1.4.3	Equipos utilizados para realizar el mantenimiento .....	8
2.1.1.4.4	Actividades operativas de las válvulas de control en las redes de distribución.8	
2.1.1.4.5	Tipos de intervención.....	8
2.1.1.5	Sistema de lubricación y engrase .....	9
2.1.1.6	Principio de funcionamiento de un sistema de lubricación .....	9
2.1.1.7	Engrasadores .....	10
2.1.1.8	Engrasador neumático.....	11
2.1.1.8.1	Características de la bomba lubricante de válvulas o engrasadora .....	12
2.1.1.8.2	Componentes del engrasador neumático: .....	13

2.1.1.8.2.1	Motor neumático.....	13
2.1.1.8.2.2	Recipiente de grasa .....	14
2.1.1.8.2.3	Manguera alta presión.....	14
2.1.1.8.2.4	Tapa neumática para retroceso de pistón .....	14
2.1.1.8.2.5	Plato seguidor .....	14
2.1.1.8.2.6	Pistola flexible y boquilla .....	15
2.1.1.8.2.7	Regulador de presión de aire .....	15
2.1.1.8.2.8	Rotula triple .....	16
2.1.1.9	Características físicas del engrasador neumático.....	17
2.1.1.9.1	Potencia de flujo .....	17
2.1.1.9.2	Caudal de aire necesario .....	17
2.1.1.10	Lubricante de válvulas .....	17
2.1.1.11	Tipos de lubricantes .....	18
2.1.1.11.1	Grasas de relleno para el cuerpo .....	18
2.1.1.11.2	Componentes limpiadores de válvula .....	18
2.1.1.12	Beneficio costo .....	18
2.1.2	Marco Contextual .....	19
2.1.2.1	Ubicación del lugar de aplicación.....	19
2.1.2.2	Diagnóstico del mantenimiento válvulas gasoducto Carrasco Cochabamba (GCC)	20

2.1.2.3	Especificaciones técnicas del engrasador neumático.....	22
2.1.2.3.1	Engrasador neumático Ratio 25:1 marca SAMOA.....	22
2.1.2.3.2	Engrasador neumático Ratio 50:1 Serie TWDE marca FLEXDIMEC .....	24
2.1.2.3.3	Engrasador neumático Ratio 80:1 marca SAMOA.....	25
2.2	INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS .....	26
2.2.1	Identificación de variables del proceso.....	26
2.2.2	Parámetros de operación actual .....	26
2.2.3	Selección del engrasador adecuado .....	29
2.2.4	Representación gráfica del caudal del engrasador respecto a la presión .....	29
2.2.5	Manual de mantenimiento engrasadores neumáticos .....	32
2.2.5.1	Lubricación .....	32
2.2.5.2	Control de desgastes .....	32
2.2.5.3	Trabajo de limpieza .....	32
2.2.5.4	Mantenimiento programado.....	33
2.2.5.5	Procedimiento de remoción de suciedad de la válvula de grasa.....	33
2.2.5.6	Procedimiento de verificación de las válvulas de aire .....	34
2.2.5.7	Procedimiento para remover abolladuras del balde metálico .....	35
2.2.5.8	Indicaciones importantes .....	35
2.2.6	Estudio de costos .....	36
2.2.6.1	Costos fijos .....	36

2.2.6.2	Costos variables .....	36
2.2.7	Depreciación del proyecto .....	37
2.2.8	Inversión inicial .....	37
2.2.9	Análisis de costo y beneficio .....	38
2.3	ANALISIS Y DISCUSION .....	38
2.3.1	Tiempo recomendado de lubricación de válvulas.....	38
2.3.2	Resumen de las variables de rentabilidad .....	39
<b>CAPITULO III: CONCLUSIONES .....</b>		<b>41</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>		<b>42</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>45</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Diagrama de mantenimiento preventivo de válvulas</i> .....	6
<b>Figura 2:</b> <i>Instalación típica de un engrasador neumático.</i> .....	11
<b>Figura 3:</b> <i>Bomba neumatica</i> .....	13
<b>Figura 4:</b> <i>Tapas metálicas para los bidones de grasa</i> .....	14
<b>Figura 5:</b> <i>Plato seguidor con membrana de goma</i> .....	15
<b>Figura 6:</b> <i>Pistola flexible y boquilla</i> .....	15
<b>Figura 7:</b> <i>Regulador de presión de aire</i> .....	16
<b>Figura 8:</b> <i>Rotula triple</i> .....	16
<b>Figura 9:</b> <i>Ubicación geográfica del gasoducto Carrasco Cochabamba</i> .....	20
<b>Figura 10:</b> <i>Diagrama de causas y consecuencias para el diagnóstico</i> .....	22
<b>Figura 11:</b> <i>Relación presión de fluido vs ciclos/min</i> .....	23
<b>Figura 12:</b> <i>Relación presión de fluido vs ciclos/min</i> .....	26
<b>Figura 13:</b> <i>Relacion presion de inyeccion vs caudal de aire calculado</i> .....	31
<b>Figura 14:</b> <i>Relacion presion necesaria vs potencia calculada</i> .....	31

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Interpretación de beneficio y costo</i> .....	19
<b>Tabla 1:</b> <i>Procedimiento de mantenimiento de válvulas</i> .....	20
<b>Tabla 2:</b> <i>Especificaciones técnicas engrasador neumático</i> .....	23
<b>Tabla 3:</b> <i>Especificaciones técnicas engrasador neumático</i> .....	24
<b>Tabla 4:</b> <i>Especificaciones técnicas engrasador neumático</i> .....	25
<b>Tabla 5:</b> <i>Datos de operación Gasoducto Carrasco Cochabamba</i> .....	26
<b>Tabla 6:</b> <i>Parámetros geométricos generales del Gasoducto GCC</i> .....	27
<b>Tabla 7:</b> <i>Parámetros físicos de los materiales</i> .....	27
<b>Tabla 8:</b> <i>Parámetros de resistencia de material del ducto</i> .....	28
<b>Tabla 10:</b> <i>Parámetros de selección de engrasador neumático</i> .....	29
<b>Tabla 11:</b> <i>Cálculo de caudal de Aire</i> .....	30
<b>Tabla 12:</b> <i>Planilla mantenimiento programado del engrasador</i> .....	33
<b>Tabla 13:</b> <i>Análisis de costos fijos</i> .....	36
<b>Tabla 14:</b> <i>Análisis de costos variables</i> .....	36
<b>Tabla 15:</b> <i>Depreciación anual del proyecto</i> .....	37
<b>Tabla 16:</b> <i>Capital de trabajo</i> .....	37
<b>Tabla 17:</b> <i>Análisis de las actividades desarrolladas</i> .....	39
<b>Tabla 17:</b> <i>Análisis de las actividades desarrolladas</i> .....	39

## **CAPITULO I: INTRODUCCION**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El mercado interno del occidente atiende a las ciudades de Cochabamba, Oruro, La Paz y otras comunidades a lo largo de los ductos de este sistema que es el Gasoducto Carrasco Cochabamba (GCC) son para reforzar la provisión de Gas Natural. El GCC (Gasoducto Carrasco Cochabamba) permite el abastecimiento de Gas Natural al mercado occidente del país con un consumo de 120 MMpcd (3,390 MMmcd).

Para la instalación de las válvulas intermedias se hizo un estudio de acuerdo con lo establecido con la empresa Transredes y se estableció un número de diez MLVs, valor que supera la cantidad de válvulas recomendadas por el código ASME, pero que se justifica por el futuro crecimiento económico y social de las zonas pobladas a lo largo del gasoducto.

“Diseño e implementación de un sistema de engrase automático de las válvulas mariposa en la central Agoyán”, hace mención de las tareas básicas en cuanto a implementación, selección, instalación y mantenimiento de un sistema de engrasado de válvulas. Dicha información abarca desde la definición de procesos de engrase, equipos neumáticos usados y hasta la forma de realizar el respectivo mantenimiento a las mismas. (Balseca Perez, 2009)

“Modelado promedio y diseño de observador no lineal para actuadores neumáticos con válvulas solenoides de encendido/apagado”, presenta un modelo de estado promedio y el diseño de observadores no lineales para un engrasador neumático de encendido/apagado. El actuador se compone de dos cámaras y cuatro válvulas solenoides de encendido/apagado. (LAIB, 2021)

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

La lubricación de válvulas es un trabajo necesario dentro del proceso de mantenimiento y lubricación de gasoductos. Lamentablemente el proceso de lubricación ya no es eficiente debido a que la parte operaria no lo realiza de manera total. Sí las válvulas no llegan a lubricarse estas pueden ocasionar problemas de atascamiento en el momento de controlar el paso de flujo del gasoducto y también alguna fuga de gas, por tanto, es necesario de que estos equipos reciban un buen mantenimiento y una óptima lubricación. Las estaciones que controlan el Gasoducto

Carrasco Cochabamba, utilizan lubricantes de manera manual para evitar el desgaste por fricción en las válvulas y muchas veces estos no llegan a abastecer a todo el equipo y el mantenimiento llega a ser ineficiente.

Se necesita entonces de un lubricante que sea soluble con el gas para no detener en los periodos de lubricación, ya que con las bombas normales el lubricante no llega a mezclarse con el gas y a veces se genera taponamiento y también en los cambios de lubricante en las bombas tradicionales hay que hacer un paro de la operación y eso perjudica en la distribución y en los tiempos de entrega ya que se tarda más en llevar a su destino el producto. Por lo tanto, se puede identificar que el problema principal es que el proceso de mantenimiento y lubricación en válvulas en el gasoducto Carrasco Cochabamba es deficiente.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Seleccionar un engrasador neumático para el mantenimiento de válvulas en el gasoducto Carrasco – Cochabamba.

### **1.2.2 Objetivo Específicos**

- Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de las válvulas del gasoducto Carrasco Cochabamba.
- Describir las características físicas y técnicas de un engrasador neumático para lubricación de válvulas.
- Seleccionar un engrasador neumático que se adapte a las condiciones de operación de las válvulas comparando varios tipos en función a la potencia, presión y consumo de aire necesaria.
- Proponer un plan de control y mantenimiento de engrasadores neumáticos para limpieza y lubricación de válvulas
- Realizar una evaluación económica de la implementación propuesta.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Justificación Práctica**

En la presente investigación se pretende seleccionar un engrasador neumático para el mantenimiento de las válvulas del Gasoducto Carrasco Cochabamba, proporcionará un correcto engrase de las mismas permitiendo así el funcionamiento adecuado y provocando un ahorro de grasa y tener menor vulnerabilidad del sistema, evitando los paros de operación durante el mantenimiento, cumpliendo normalmente con los volúmenes que se deben entregar a los respectivos consumidores, evitando pérdidas económicas y todo tipo de multas. Ya que los equipos funcionarán permanentemente sin detener el proceso de entrega ni de tener el caudal del gasoducto. Toda inversión siempre genera ventajas, lo cual estas bombas neumáticas incrementarán la eficiencia.

El uso de estas bombas neumáticas también requiere de personal capacitado en su manejo como ser ingenieros mecánicos e ingenieros especializados en el área de transporte de hidrocarburos, lo cual incrementará la oferta laboral.

### **1.3.2 Justificación Teórica**

En la monografía a nivel teórico realizar el análisis de las características de velocidad de inyección del aceite que tendrá el engrasador nos ayudará a seleccionar sin que se haya instalado el equipo previamente facilitando su análisis técnico de implementación. Se aplica también el análisis de mantenimiento de válvulas para prevenir cualquier tipo de daño en el proceso de transporte y mejorar el mantenimiento ya que este se realiza a distancia debido a que el gasoducto tiene zonas remotas y lejanas de difícil mantenimiento.

## **1.4 METODOLOGÍA**

La presente investigación es una investigación propositiva, con un enfoque cuantitativo (Sampieri 2014)

### **1.4.1 Técnicas de Investigación**

A nivel cuantitativo, se expresará con valores numéricos los parámetros de operación con los cuales debe trabajar esta bomba neumática y los valores de costos y otros necesarios para su evaluación económica. Se definirán los parámetros operativos de la bomba neumática, se

clasificará las presiones máximas y mínimas, y se describirán los procesos de control y mantenimiento que se debe llevar a cabo con este sistema propuesto. La información necesaria fue proporcionada a través YPFB Transporte mediante un informe de programas de mantenimiento anual del gasoducto. También se hizo la consulta de otras fuentes como la página web de la ANH, YPFB Transporte y los catálogos de diferentes empresas que restan servicios de lubricación de válvulas en el ámbito petrolero.

#### **1.4.2 Instrumentos de Investigación**

En la investigación se utilizan varios instrumentos para recopilar información, con el uso de catálogos de fabricantes de bombas neumáticas para obtener las especificaciones técnicas así realizar una selección óptima en base de presión, caudal y potencia.

Se recopiló información para su posterior análisis, en informes de calidad de válvulas, programas de mantenimiento anual del gasoducto Carrasco Cochabamba. La herramienta que se utiliza es una computadora personal donde se desarrolla las gráficas y los análisis utilizando software de Excel.

## **CAPITULO II: DESARROLLO**

### **2.1 MARCO TEORICO**

#### **2.1.1 Marco Conceptual**

##### **2.1.1.1 Gasoducto**

Los gasoductos son sistemas clásicos de transporte de gas entre dos puntos determinados y consisten en una serie de conducciones de tuberías de acero con carbono de elevada elasticidad por las que el gas circula a alta presión, desde su lugar de origen hasta los puntos de suministro.

##### **2.1.1.2 Válvulas**

Las válvulas en gasoductos son dispositivos mecánicos diseñados para permitir, detener o regular el flujo de gas a través de una tubería. El funcionamiento de estas válvulas se basa en el control del flujo mediante la apertura o cierre de una compuerta o disco. Al abrir la válvula, se permite el paso del gas, mientras que al cerrarla se interrumpe el flujo.

Las válvulas desempeñan un papel crucial en los gasoductos al controlar el flujo de gas y garantizar la seguridad operativa. Los diferentes tipos de válvulas utilizadas en gasoductos, como las válvulas de compuerta, de globo, de mariposa y de bola, ofrecen opciones para adaptarse a diversas necesidades operativas. La selección adecuada y el mantenimiento regular de las válvulas son fundamentales para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro de los gasoductos.

##### **2.1.1.3 Importancia de las válvulas en gasoductos**

Las válvulas desempeñan un papel crucial en la seguridad y eficiencia de los gasoductos. Estas son algunas de las razones por las cuales las válvulas son componentes esenciales en los gasoductos:

###### **2.1.1.3.1 Control del flujo**

Las válvulas permiten regular y controlar el flujo de gas a través de los gasoductos, lo que garantiza un transporte eficiente y seguro del gas.

### 2.1.1.3.2 Seguridad operativa

En caso de emergencia, como una fuga o un aumento repentino de presión, las válvulas permiten cerrar rápidamente el gasoducto, minimizando el riesgo de accidentes y daños.

### 2.1.1.3.3 Mantenimiento y reparación

Las válvulas facilitan el mantenimiento y reparación de los gasoductos al permitir secciones de tubería aisladas. Esto evita la interrupción total del flujo de gas durante los trabajos de mantenimiento.

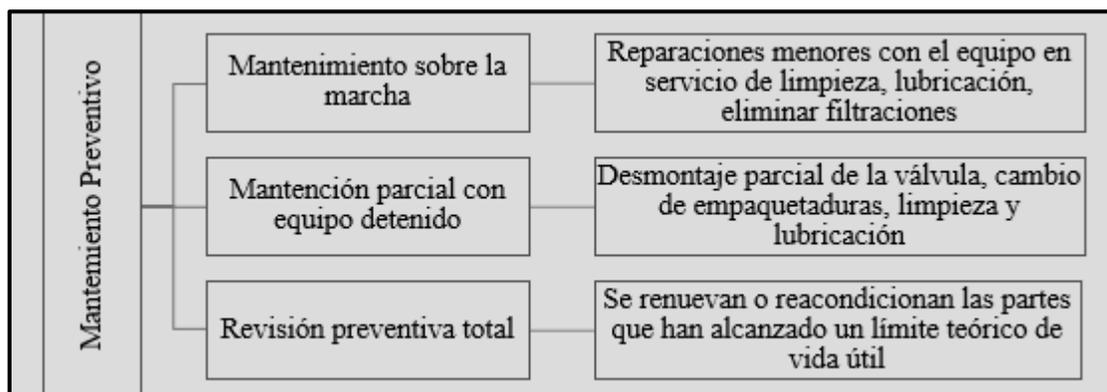
### 2.1.1.4 Mantenimiento de válvulas

El servicio de mantenimiento de válvulas consiste en la reparación de válvulas para la industria. Comprende el desarme completo de la válvula y actuador, inspección y reparación de partes, armado de conjunto y pruebas necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.

#### 2.1.1.4.1 Mantenimiento preventivo de válvulas

Se tiene el siguiente esquema de mantenimiento:

**Figura 1:** Diagrama de mantenimiento preventivo de válvulas



**Fuente:** Extraído de propuesta de plan de mantenimiento de válvulas, 2013

Para determinar el nivel de mantención apropiado en una válvula, es preciso efectuar algunos análisis previos tales como:

- Determinación de equipos críticos

- Identificar los equipos cuyo costo de reparación o de repuestos, tiene una incidencia significativa en el presupuesto de mantención.
- Reconocer equipos que no presentan problemas de mantención.

También se debe orientar al mantenimiento del tipo preventivo, realizando en primer lugar, inspecciones que nos permitan determinar la condición actual de las válvulas y del sistema de distribución y para ayudar a la planificación de una estrategia de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento preventivo pueden ser:

- Verificar el funcionamiento de las válvulas y accesorios móviles.
- Limpiar y desinfectar válvulas y tuberías.
- Revisar el estado de la pintura de los elementos mecánicos.
- Verificar el funcionamiento de las válvulas de control de nivel y de las válvulas reductoras de presión.

#### **2.1.1.4.2 Mantención Rutinaria en una Válvula**

Consiste principalmente en hacer llegar hasta el tope el sistema de sellado con una pequeña cantidad de lubricante/sellador fresco.

El sistema de inyección de sellador de una válvula consiste en un sistema de ranuras, canales y montajes de conductos, a través, de los cuales pasa el lubricante manteniendo siempre el sistema de sellado a tope, se reduce considerablemente el riesgo que se acumulen contaminantes detrás del sistema de anillo.

La cantidad de lubricante requerida para mantener el sistema sellado hasta el tope, va a variar considerablemente, por cuanto a menudo se sigue el ciclo de la válvula, mediante los siguientes aspectos: El producto que fluye a través de la válvula, la temperatura, tipo de lubricante/sellador seleccionado.

La aplicación de lubricantes para válvulas es un procedimiento de mantenimiento preventivo

En lugar de esperar a que su sistema se averíe, debe hacer que la aplicación de lubricantes para válvulas forme parte de su práctica de mantenimiento preventivo. Esto evitará fallos, algunos de los cuales pueden ser catastróficos.

#### **2.1.1.4.3 Equipos utilizados para realizar el mantenimiento**

Lista de equipos y herramientas es la recomendada para desensamble, re-trabajo y ensamble de las válvulas

- Un juego de herramientas llave inglesa para remover la tornillería del vástago y las tuercas, el retenedor, los tornillos de ojo y la tuerca del volante
- Un juego de llaves Allen para aflojar del casquillo
- Llave estándar para remover los empaques
- Un juego de productos para pulir y limpiar los asientos y las caras del disco.

#### **2.1.1.4.4 Actividades operativas de las válvulas de control en las redes de distribución**

Se deben cumplir con los siguientes pasos:

- Cierre y apertura de las mismas, en casos de emergencias o para sectorizar zonas de abastecimiento.
- Programar las actividades de verificación del funcionamiento de las válvulas, se recomienda que por lo menos una vez al mes cada válvula debe ser operada para mantenerlas en buen estado y no exista inconvenientes cuando se presenten situaciones de emergencia.
- Identificación de las válvulas que se deben operar, cantidad y ubicación.
- Ejecución efectiva de los cierres.
- Reapertura de las válvulas.

#### **2.1.1.4.5 Tipos de intervención**

Generalmente en cualquier empresa de saneamiento se observa que las actividades de mantenimiento del sistema de distribución son del tipo correctivo y se enfocan en las tuberías, y en las válvulas.

Las actividades de mantenimiento correctivo pueden ser:

- Reparación puntual de válvulas y de roturas en las líneas de conducción.
- Reparación puntual de válvulas y roturas en las redes primarias.
- Reparación puntual de válvulas y roturas en las redes de distribución secundaria.
- Reparación de válvulas antiguas con fugas grandes.

#### **2.1.1.5 Sistema de lubricación y engrase**

La grasa para sellado de válvulas no tiene solidificación, dispersión, disolución ni buena resistencia a la presión. Engrasar regularmente la válvula es una medida clave para reducir el desgaste de la superficie de sellado de la válvula y aumentar la vida útil de la válvula.

Cuando se inyecta grasa en la válvula, a menudo se ignora la cantidad de grasa. Después de repostar la pistola de engrase, el operador selecciona la válvula y el modo de conexión de grasa, y luego realiza la operación de inyección de grasa.

#### **2.1.1.6 Principio de funcionamiento de un sistema de lubricación**

Consiste en utilizar una bomba para repartir grasa o aceite desde un depósito central hacia los puntos de lubricación de forma completamente automática.

Todos los puntos de lubricación alcanzados reciben el suministro óptimo de lubricante, reduciendo el desgaste.

Como consecuencia incrementamos considerablemente la vida de servicio de las válvulas mientras que, a su vez, reducimos el consumo de lubricante.

Ventajas:

- Engrase sistemático de todos los puntos de engrase.
- El engrase se produce con la máquina en producción.
- Cantidad de grasa exacta para cada punto de lubricación suministrada en cortos periodos de tiempo.
- Eliminación del factor de error humano.

- Reducción del desgaste (aumento de la vida útil de los equipos).
- Reducción de fricción.
- Reducción del tiempo de parada de maquinarias (costes de oportunidad).
- Reducción de costes de mantenimiento y reparaciones.
- Reducción del consumo de grasa (80 - 90% menos)
- Intervalos de mantenimiento más amplios.

La presión manométrica deberá ser suficientemente alta como para compensar las pérdidas de presión en las tuberías, los componentes (filtros, válvulas, distribuidores) y los puntos de fricción.

Criterios de diferenciación:

- Tipo de sistema de lubricación
- Tipo de accionamiento
- Principio de funcionamiento
- Diseño de la bomba
- Lubricante
- Cantidad de lubricante requerida por el sistema
- Rangos de presión
- Rangos de temperatura

Aplicaciones

- Sistemas de lubricación de línea simple
- Sistemas de lubricación de línea doble
- Sistemas de lubricación progresivos
- Sistemas de lubricación multilínea

### **2.1.1.7 Engrasadores**

Son equipos de lubricación que se utiliza en el mantenimiento de válvulas con una doble finalidad:

- Como equipo de inyección de grasa o removedor decapante.
- Como instrumento para diagnóstico de las condiciones de operatividad de las válvulas

En el mercado se encuentra diferentes tipos de engrasadores:

- Engrasadores mecánicos
- Engrasadores hidráulicas
- Engrasadores neumáticos

### 2.1.1.8 Engrasador neumático

El engrasador neumático es un equipo recomendable cuando se requiere prestar servicios de lubricación a gran escala, ofreciéndole al mantenedor la ventaja de una operación continua con el menor esfuerzo debido a que:

- Opera con envases de grasa lo cual permite lubricar un mayor número de válvulas, disminuyendo los momentos de recargado del equipo.
- La operación de bombeo del lubricante la realiza el mismo equipo, minimizando así el esfuerzo físico del mantenedor.
- El equipo admite para operar una alimentación de aire o gas a presión entre 100 y 125 lpc, el cual en el caso del sistema de transmisión y distribución de gas se obtiene de la misma línea.
- Una vez que se domina el procedimiento de operación de este equipo, su manipulación resulta prácticamente sencilla, además posee toda una serie de elementos para salvaguarda tanto del mantenedor como del equipo mismo.

**Figura 2:** *Instalación típica de un engrasador neumático.*



**Fuente:** Extraído de jitlubricacion.com, 2023

Los engrasadores neumáticos permiten la inyección de grasas viscosas, pastas, sellantes, etc. para el mantenimiento de válvulas en redes de distribución de gas, petróleo, químicas y otros fluidos. (Lubricacion, 2023).

Esta unidad está diseñada para suministrar este tipo de grasas a gran velocidad y con el menos esfuerzo posible alcanzando los 10.000 psi de presión. Contenida en una estructura metálica contenedora de cada uno de los componentes del equipo que lo hacen versátil y portátil (Lubricacion, 2023)

#### **2.1.1.8.1 Características de la bomba lubricante de válvulas o engrasadora**

La unidad de bomba engrasadora de válvulas es impulsada por un compresor de aire, que impulsa aire comprimido a la unidad. Un eje de transmisión sin fin embridado al motor reductor entrega el lubricante del depósito a la bomba de pistones radiales en el lado opuesto del depósito y también la acciona. Los movimientos de carrera del pistón de la bomba de pistones radiales se realizan mediante un eje excéntrico giratorio. El retorno del pistón (fase de succión) se realiza mediante pistones de bomba impulsados positivamente que giran en una leva de placa. Dependiendo de la cantidad de lubricante necesaria, la bomba de pistones radiales puede equiparse con hasta seis elementos de bombeo. Cada elemento de la bomba entrega el lubricante a través de su válvula de retención dedicada a una línea de anillo común aguas abajo. Esto protege la bomba de pistones radiales de posibles picos de presión. El tratamiento posterior del lubricante depende del uso específico de la bomba, ya sea como bomba progresiva, de línea simple o de línea doble

Cumple con las siguientes características:

- Posee componentes de zinc.
- Tiene un diseño de motor neumático no corrosivo.
- Fácil y de bajo coste de reparación
- Diseño de motor neumático silencioso
- Manguera de grasa de alta presión de 13 pies: longitud de manguera adicional para un acceso más fácil a aplicaciones difíciles.
- Acoplador de alta presión de tres mordazas KY Supergrip

- Placa seguidora con bordes de goma

### 2.1.1.8.2 Componentes del engrasador neumático:

La bomba se compone de dos secciones:

Sección de transmisión: Se compone del motor neumático de aire comprimido, e motor consta de un cilindro de aire con pistón y una válvula de paso de control deslizante de nylon. La válvula dirige el aire comprimido de forma alternada a la parte superior o inferior del pistón, produciendo así un movimiento alternativo del vástago de pistón.

Sección de bombeo: se compone de una bomba en la que un pistón levanta la grasa a través de las válvulas anti retorno en el interior del cilindro de la bomba. La grasa se descarga a presión (por la toma situada en la parte inferior del motor de aire) dentro la manguera de suministro.

#### 2.1.1.8.2.1 Motor neumático

Estas bombas se activan automáticamente cuando se abre la válvula de control de grasa. Cuando la válvula está cerrada, el motor desarrolla una contrapresión y la sección del bombeo deja de funcionar.

**Figura 3:** *Bomba neumática*



**Fuente:** Extraído de [jitlubricacion.com](http://jitlubricacion.com), 2023

La relación de presión de la bomba establece entre la presión de grasa saliente a la presión entrante. Cuando la relación de presión es de 50:1 logramos una presión de salida de grasa hasta

7500psi (500bar), cuando la presión del aire de entrada es de 150 psi (10bar). Cuanto más grande sea esta relación, mayor será la presión de salida del lubricante

#### **2.1.1.8.2.2 Recipiente de grasa**

Cilindro cargador construido en acero bruñido de 6 mm de espesor contenedor de pistón de engrase.

#### **2.1.1.8.2.3 Manguera alta presión**

Construcción de tubo de elastómero termoplástico. Tiene un refuerzo de 2 mallas de fibra de aramida con una malla de alambre de acero. Cobertura de poliuretano. Presión de trabajo 1000 [bar]

#### **2.1.1.8.2.4 Tapa neumática para retroceso de pistón**

Permite la vuelta a la posición inicial del pistón de engrase, facilitando la carga de la próxima vela.

**Figura 4:** *Tapas metálicas para los bidones de grasa*



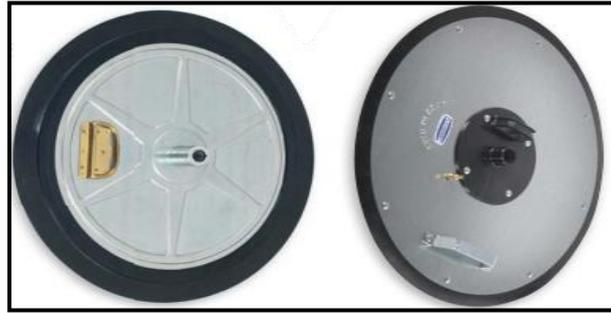
**Fuente:** Extraído de catálogo FLEXBIMEC, 2021

Tapas metálicas para los bidones de grasa, ajustables a todas las medidas, están equipadas con tres tornillos de mariposa que permiten su sujeción, además incorporan un adaptador para la fijación vertical de las bombas.

#### **2.1.1.8.2.5 Plato seguidor**

Plato seguidor con membrana de goma, permiten conservar un nivel uniforme, evita la formación de cámaras de aire dentro de la grasa y los residuos en la pared interna del bidón.

**Figura 5:** *Plato seguidor con membrana de goma*



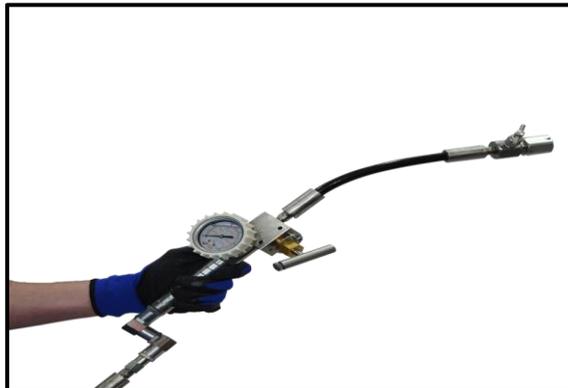
**Fuente:** Extraído de catálogo FLEXBIMEC, 2021

En la figura 5 se representa una parte muy importante de sistema de engrase neumático, debido que esta empuja la grasa a la válvula de bombeo.

#### **2.1.1.8.2.6 Pistola flexible y boquilla**

Pistola de engrase de acero galvanizado, con tubo rígido y boquilla de engrase.

**Figura 6:** *Pistola flexible y boquilla*



**Fuente:** Extraído de jitlubricacion.com, 2023

En la figura 6 funciona a una presión de trabajo y demandas de aire diferentes de acuerdo a cada ratio de compresión de un engrasador neumático.

#### **2.1.1.8.2.7 Regulador de presión de aire**

Controla, mantiene la presión del aire en niveles óptimos, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente.

**Figura 7:** *Regulador de presión de aire*



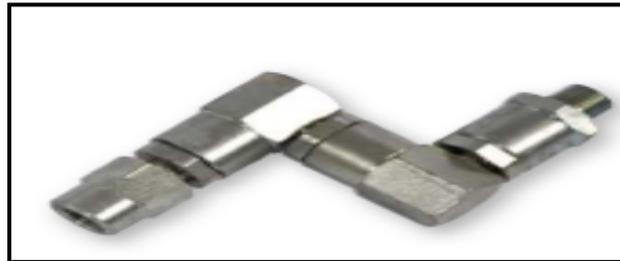
**Fuente:** Extraído de catálogo FLEXBIMEC 2021

Protegiendo los distintos componentes de la bomba neumática, como cilindros y mangueras, entre otros.

#### **2.1.1.8.2.8 Rotula triple**

Accesorio para pistola de grasa de alta presión con una articulación triple en "Z", para montaje entre manguera de suministro y pistola de engrase para eliminar las torsiones de la manguera de alta presión y facilitar el engrase desde cualquier posición.

**Figura 8:** *Rotula triple*



**Fuente:** Extraído de catálogo FLEXBIMEC 2021

Permite una rotación completa en los ejes.

- Rosca entrada: BSP 1/4" H
- Rosca salida: BSP 1/4" M

### 2.1.1.9 Características físicas del engrasador neumático

#### 2.1.1.9.1 Potencia de flujo

La potencia necesaria que necesita el engrasador para inyectar el aceite en la válvula es igual a

$$Pot = P_{iny} \times Q_{aceite}$$

Donde:

$Pot$ : Es la potencia requerida que necesita el aceite dentro del engrasador neumático [KWatts]

$P_{iny}$ : Presión de inyección [bar]

$Q$ : Caudal de flujo del aceite [L/min]

#### 2.1.1.9.2 Caudal de aire necesario

El caudal de aire que necesita para funcionar el engrasado está en función al caudal de inyección de aceite y se da por la siguiente ecuación

$$Q_{aire} = \frac{Q_{aceite} \times P_{iny} \times T_{iny}}{[P_{ducto} - \rho_{aceite}H] \times T_{aire}}$$

Donde:

$T_{iny}$ : Es la temperatura requerida [K]

$P_{iny}$ : Presión de inyección de aceite [bar]

$Q_{aire}$ : Caudal aire [L/min]

#### 2.1.1.10 Lubricante de válvulas

Un lubricante para válvulas, a menudo denominado "grasa para válvulas", es claramente diferente de las grasas multipropósito estándar que son familiares para la mayoría de las personas. Las condiciones a las que se enfrenta una válvula de compuerta en el campo son extremadamente severas y una grasa debe ser capaz de soportar este entorno y continuar

proporcionando lubricación y protección a la válvula. Las amplias variaciones de temperatura, las presiones extremas.

Los lubricantes tienen varios atributos que los hacen adecuados sólo para tipos de válvulas específicos. Hay lubricantes resistentes al CO<sub>2</sub>, a altas temperaturas, a base de litio, a base de petróleo, resistentes al agua y muchos otros tipos de lubricantes.

#### **2.1.1.11 Tipos de lubricantes**

##### **2.1.1.11.1 Grasas de relleno para el cuerpo**

Se utilizan comúnmente en válvulas de compuerta, donde los hidratos pueden estar presente. Este tipo de grasa se ocupa para lubricar las superficies de metal no protegidas y prevenir que se rayen, así como también, previene que contaminantes se acumulen en el fondo del cuerpo de la válvula tanto como la corrosión interna de superficies de metal no protegidas y reduce la torsión requerida para el ciclo de la válvula.

##### **2.1.1.11.2 Componentes limpiadores de válvula**

Cuando se aplica mucho lubricante/sellador en la válvula, algunos de éstos se descomponen completamente y quedan de lado los rellenos sólidos, que habían sido usados para compactar el aceite base a grasa como componente. El limpiador de válvula rehumedece el lubricante, para que fluya al sistema de calan sellador, además los limpiadores contienen solventes que pueden remover tanto grasas como detergentes, los cuales ayudan a llevar material disuelto.

##### **2.1.1.12 Beneficio costo**

El análisis de costo-beneficio es un proceso sumamente útil para determinar los beneficios económicos que pueden derivar de una decisión y determinar si vale la pena avanzar con esa opción. También, es muy útil para evitar ciertas preferencias en las decisiones; en particular, cuando la elección a la que te enfrentas tendrá un gran impacto en el éxito del equipo o del proyecto. El análisis de costo-beneficio puede resultar intimidante al principio, pero no temas, hemos simplificado el proceso en cinco pasos concretos.

**Tabla 1:** Interpretación de beneficio y costo

<b>CRITERIO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
B/C > 1	Los ingresos son mayores que los egresos	El proyecto es aconsejable
B/C = 1	Los ingresos son iguales que los egresos	El proyecto es indiferente
B/C < 1	Los ingresos son menores que los egresos	El proyecto no es aconsejable

**Fuente:** Extraído de [asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis](http://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis)

#### Ventajas

- Muy sencilla de trabajar.
- Muy usada en las bases de datos y en las hojas de cálculo.

#### Desventajas

- Se tiene que usar una medida común para también poder cuantificar los beneficios cualitativos.
- Se deben revisar con acuciosidad los beneficios, porque los beneficios son fáciles de conteo doble.

La siguiente tabla puede usarse como indicador para determinar si los costos superan sus beneficios:

### **2.1.2 Marco Contextual**

#### **2.1.2.1 Ubicación del lugar de aplicación**

El Gasoducto Carrasco-Cochabamba (también conocido como GCC) es un gasoducto en funcionamiento que va desde Carrasco a Cochabamba

El GCC tiene 250 kilómetros de longitud y una Tubería de 16 pulgadas de diámetro consta de tres tramos:

**Figura 9:** Ubicación geográfica del gasoducto Carrasco Cochabamba



**Fuente:** Extraído de Google Maps, 2023

- Tramo I Carrasco- Villa Tunari (108 km)
- Tramo II Villa Tunari Pampa Tambo (78 km)
- Tramo III Pampa Tambo- Cochabamba (65 km).

### 2.1.2.2 Diagnóstico del mantenimiento válvulas gasoducto Carrasco Cochabamba (GCC)

A continuación, se muestra el procedimiento de mantenimiento de válvulas que lleva actualmente la empresa en el gasoducto GCC:

**Tabla 1:** Procedimiento de mantenimiento de válvulas

Subtarea	DESCRIPCION DE SUBTAREAS
1	MPP4 - Unidad de Compresión CAT 3512- 22500 horas
2	MCI - Reemplazar filtro de aire N/P 8N-6309 (2 Pzas)
3	MCI - Verificar estado filtro de combustible
4	MCI - Cambiar cables, bujías y capuchones
5	MCI - Medir la compresión de los pistones (adjuntar planilla). Banda de compresión: 195 a 250 PSI (mín. aceptable 150PSI)
6	MCI - Verificar estado de balancines y accesorios, empaquetaduras, calibrar válvulas (Adm=0.51 mm(0.020"); Ex=1.02mm(0.040")).

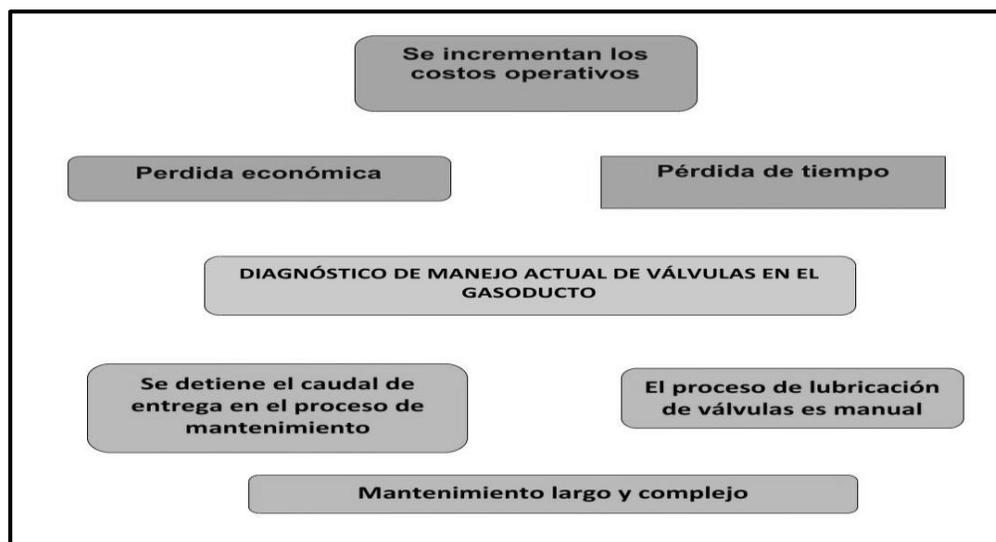
<b>Subtarea</b>	<b>DESCRIPCION DE SUBTAREAS</b>
7	MCI - Verificar punto (22.5°)
8	MCI - Verificar Torque de los Pernos de Anclaje
9	MCI - Cambio de aceite para válvula
10	MCI - Cambio de filtros de aceite N/P 1R-0726 (3 Pzas)
11	MCI - Reparación o cambio Turbo Alimentador
12	MCI - Verificar con reloj comparador holguras del turbo cargador
13	MCI - Reparación General de las culatas
14	MCI - Cambio de todas las empaquetaduras
15	MCI - Revisar Tolerancias en Camisas, Pistones y Anillas
16	MCI - Desmontar Camisas y cambiar sellos de gomas (Si es necesario)
17	MCI -Cambiar cojinetes de biela si se hallan fuera de tolerancia
18	MCI -Cambiar Camisas y Pistones si se hallan fuera de tolerancia
19	MCI -Cambiar anillas de pistón si se hallan fuera de tolerancia
20	MCI -Calibrar muñones de cigüeñal y bielas (si es necesario)
21	MCI -Verificar torque de los pernos en los cojinetes de biela y bancada (si es necesario)
22	MCI -Verificar deflexión y juego axial del cigüeñal (si es necesario)
23	MCI - Desmontar y Verificar estado del Carburador (Reparar si es necesario)
24	MCI - Desmontar y Verificar estado del Gobernador (Reparar si es necesario)
25	MCI - Limpieza del carter con succionador (NO lavar con ningún detergente)
26	MCI - Reparación Bomba de agua principal
27	MCI - Reparación Bomba de agua auxiliar
28	MCI - Limpieza Aftercooler
29	MCI - Post-enfriador. Tomar datos de temperatura antes y después del mantenimiento (Limpiar si es necesario).

**Fuente:** Extraído de YPF B Transporte, 2021

La tabla 1 presenta el procedimiento de mantenimiento actual, la cual presenta deficiencia con respecto a los periodos de lubricación de válvulas en el gasoducto.

A continuación, se describe el diagrama de causas y consecuencias para el diagnóstico:

**Figura 10:** Diagrama de causas y consecuencias para el diagnóstico



**Fuente:** Extraído de YPFB Transporte, 2021

Se detalla entonces que el proceso actual de mantenimiento de la válvula es manual y se tarda mucho tiempo lo que contrae por consecuencias al daño económico e incremento de Los costos operativos

### **2.1.2.3 Especificaciones técnicas del engrasador neumático**

#### **2.1.2.3.1 Engrasador neumático Ratio 25:1 marca SAMOA**

Bomba neumática para el trasvase de grandes volúmenes de grasa o lubricante a alta presión, (aplicación exclusiva para grasas blandas hasta NLGI-1)

Para distribución simultánea de fluidos a varios puntos de suministro, o para el bombeo en largas distancias (hasta 100 m)

**Tabla 2:** Especificaciones técnicas engrasador neumático

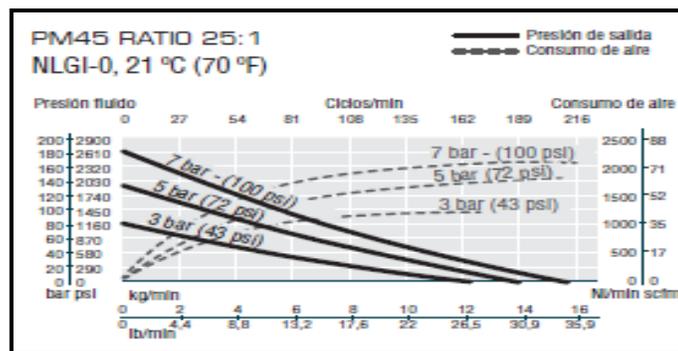
MODELO	SAMOA PM45-25MA
Diametro efectivo piston neumático	115mm (4 1/2´´)
Ratio de presión	25:1
Carrera de piston neumático	100mm (4´´)
Presión alimentación, min.-máx.	1,5 - 14bar
Caudal a 60 ciclos por min	6 kg/min
Desplazamiento producto por ciclo	75 cc
Consumo de aire a 5bar y de 60 cpm	1340 NI/min
Conexión entrada de aire	1/2´´ BSPP (H)
Máxima presión salida de fluido	350 bar
Caudal máximo a salida libre	16 kg/min
Conexión salida de fluido	1/2 BSPP (H)
Material zonas húmedas	Fundición de hierro, acero, zinc, cromo, cobre, UHMW PE, NBR, PTFE
Nivel sonoro a 1m de la bomba	80Db

**Fuente:** Extraído de Catálogo general SAMOA Equipos para grasa, 2021

En la tabla 2 se especifica todas las características técnicas de un engrasador, las cuales son proporcionadas por la empresa Samoa equipos de grasa, obteniendo los valores más usados en este Proyecto que son presión de salida y caudal de consume de aire.

Representación grafica del consumo de aire en función a las variables especificadas.

**Figura 11:** Relación presión de fluido vs ciclos/min



**Fuente:** Extraído de Catálogo general SAMOA, 2021

De acuerdo a las especificaciones mostradas en la tabla 2 se realiza un gráfico para obtener el consumo de aire en función de presión de fluido y ciclos por minuto

### 2.1.2.3.2 Engrasador neumático Ratio 50:1 Serie TWDE marca FLEXDIMEC

Son bombas lubricadoras de alta presión, para manipular todo tipo de grasas de consistencia hasta NGL-2 (grasa semidura) directamente de sus bidones o tambores originales.

**Tabla 3:** *Especificaciones técnicas engrasador neumático*

MODELO	FLEXDIMEC 4060
Alimentación	Aire comprimido Min 2 Max 8bar (30 - 120psi)
Relación de compresión	50:1
Presión salida	400bar (5800psi)
Caudal	3,5kg/min
Conexión de entrada de aire	H 1/4" BSP
Conexión de salida	M 1/4" BSP
Consumo aire a 8 bar	78Lt/min
Longitud tubo de aspiración	750mm
Diametro tubo de aspiración	28mm
Mediadas (mm)	95*95*1005
Para bidones	50kg
Peso	5kg
Nivel sonoro a 1m de la bomba	80Db

**Fuente:** Extraído de Catálogo general FLEXDIMEC, 2021

- Incrementan la productividad, al proporcionar disponibilidad inmediata de la grasa en el punto deseado.
- Mejoran el aprovechamiento de la grasa y realizan un engrase eficiente sin esfuerzo.
- Requieren mantenimiento mínimo.
- Las bombas pueden formar parte de equipos móviles de engrase o ser instaladas en forma fija y conectadas a una tubería de distribución de grasa

### 2.1.2.3.3 Engrasador neumático Ratio 80:1 marca SAMOA

Equipo de engrase par la distribución de grasa de todo tipo ya sea en distancias cortas como largas, con una presión de trabaja que puede varias entre los 1,5 y 7 bar. Para optimizar el rendimiento y la durabilidad de cualquier tipo de bomba neumática se recomienda el uso de aire filtrado y lubricado.

**Tabla 4:** *Especificaciones tecnicas engrasador neumatico*

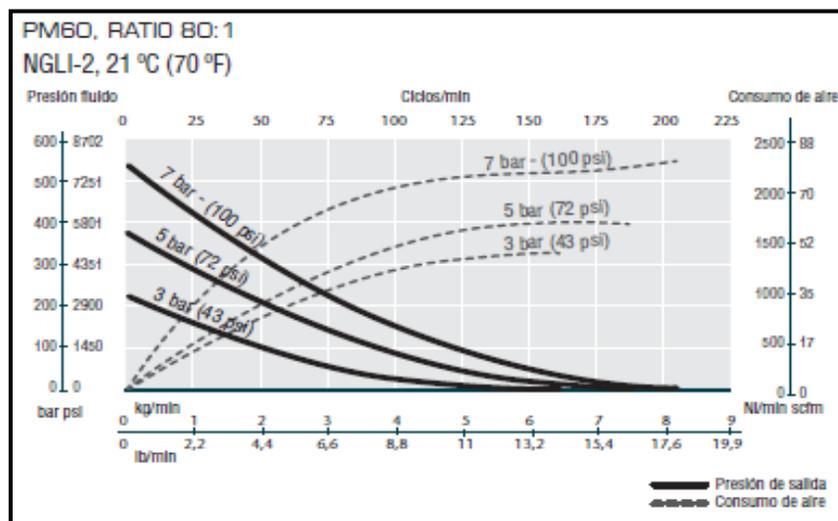
<b>MODELO</b>	<b>SAMOA PM60-80MA</b>
Diametro efectivo piston neumático	150mm (6´´)
Ratio de presión	80:1
Carrera de piston neumático	100mm (4´´)
Presión alimentación, min.-máx.	1,5 - 7bar
Caudal a 60 ciclos por min	2,5 kg/min
Desplazamiento producto por ciclo	50cc
Consumo de aire a 5bar y de 60 cpm	1000 NI/min
Conexión entrada de aire	1/2´´ BSPP (H)
Máxima presión salida de fluido	560 bar
Caudal máximo a salida libre	8 kg/min
Conexión salida de fluido	1/2 BSPP (H)
Material zonas húmedas	Fundición de hierro, acero, zinc, cromo, cobre, UHMW PE, NBR, PTFE
Nivel sonoro a 1m de la bomba	80Db

**Fuente:** Extraído de Catálogo general SAMOA Equipos para grasa, 2021

En la tabla 4 se especifica todas las características técnicas de un engrasador, las cuales son proporcionadas por la empresa Samoa equipos de grasa, obteniendo los valores más usados en este Proyecto que son presión de salida y caudal de consume de aire.

Representación grafica del consumo de aire en función a las variables especificadas.

**Figura 12:** Relación presión de fluido vs ciclos/min



**Fuente:** Extraído de Catálogo general SAMOA Equipos para grasa, 2021

De acuerdo a las especificaciones mostradas en la tabla 4 se realiza un gráfico para obtener el consumo de aire en función de presión de fluido y ciclos por minuto

## 2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

### 2.2.1 Identificación de variables del proceso

### 2.2.2 Parámetros de operación actual

El Gasoducto Carrasco Cochabamba (GCC) utiliza un caudal de transporte de 120 MMSCFD que es igual a 3,40 MMMCD. En la siguiente tabla se presentan los parámetros operativos del Gasoducto Carrasco Cochabamba

**Tabla 5:** Datos de operación Gasoducto Carrasco Cochabamba

VARIABLES	VALOR
Máxima Presión Admisible de Operación, MAOP (Psig)	1440
Máxima Presión de Operación, MOP (Psig)	1420
Temperatura máxima, Tmax (°F)	130
Gravedad específica, GE	0,608

**Fuente:** Extraído de YPFB Transporte, 2022

Por otra parte, comenzamos exponiendo los parámetros de diseño del GASODUCTO GCC. Los parámetros geométricos del diseño del ducto se exponen a continuación:

**Tabla 6:** *Parámetros geométricos generales del Gasoducto GCC*

<b>PARÁMETRO GEOMÉTRICO</b>	<b>Valor</b>
Diámetro interno, $D_i$ (mm)	1200
Espesor de la tubería, $h_g$ (mm)	100
Diámetro externo del cilindro, $D_o$ (mm)	1300
Espesor de la protección, $t_y$ (mm)	1,5
Espesor del revestimiento de mortero, $h_m$ (mm)	25
Espacio entre cada cable, $l_s$ (mm)	20
Diámetro del cable, $d_s$ (mm)	5
Número de capas, $n$	1

**Fuente:** Elaboración Propia en base a datos investigados de YPFB, 2020

En la tabla 6 representa algunos parámetros geométricos de construcción del gasoducto, los diámetros y espesores.

Describamos ahora las características físicas del material

**Tabla 7:** *Parámetros físicos de los materiales*

<b>PARÁMETRO GEOMÉTRICO</b>	<b>Valor</b>
Diseñado 28 días de resistencia a la compresión del hormigón del núcleo, $f_c^0$ /(N/mm <sup>2</sup> )	44
Resistencia a la compresión estándar del mortero, $f_{mc,k}$ /(N/mm <sup>2</sup> )	45
Relación de Poisson de pretensado, $\nu_c$	0.167
Relación de Poisson del mortero, $\nu_m$	0.2
Resistencia mínima a la tracción del alambre pretendido, $f_{su}$ /(N/mm <sup>2</sup> )	1570
Tensión de tracción bruta en el alambre, $f_{sg}$ /(N/mm <sup>2</sup> )	0.75 $f_{su}$
Diseño de resistencia a la tracción del hormigón de núcleo, $f_t^0$ /(N/mm <sup>2</sup> )	1.95
Fuerza de tensión del ducto, $f_{ty}$ /(N/mm <sup>2</sup> )	2.75

<b>PARÁMETRO GEOMÉTRICO</b>	<b>Valor</b>
Peso unitario del contenido, $\gamma_s/\text{kN/m}^3$	18
Modulo del ducto, $E_c/(\text{N/mm}^2)$	$3.55 \times 10^4$
Modulo del pretensado, $E_m/(\text{N/mm}^2)$	$2.416 \times 10^4$
Modulo del cilindro, $E_y/(\text{N/mm}^2)$	$2.068 \times 10^5$
Modulo del acero, $E_s/(\text{N/mm}^2)$	$1.93 \times 10^5$
Resistencia a la tracción o a la compresión diseñada del cilindro de acero, $f_{yy}/(\text{N/mm}^2)$	227.5
Resistencia a la tracción diseñada del cilindro de acero en la ráfaga de la tubería, $f_{yy}^0/(\text{N/mm}^2)$	215
Peso unitario del ducto, $\gamma_c/\text{kN/m}^3$	25
Peso unitario del mortero, $\gamma_m/\text{kN/m}^3$	23.5
Peso unitario del agua, $\gamma_w/\text{kN/m}^3$	10

**Fuente:** Extraído de YPFB Transporte, 2020

En la tabla 7 representa las especificaciones de los materiales usados en la construcción de gasoducto.

Parámetros de resistencia de material del gasoducto GCC

**Tabla 8:** *Parámetros de resistencia de material del ducto*

<b>PRÁMETRO GEOMÉTRICO</b>	<b>Valor</b>
Diámetro nominal sin polietileno $d_{st}/\text{mm}$	15.2
Area seccional sin el pretensado, $A/\text{mm}^2$	140
Fuerza de tensión nominal, $f_{st,t}/(\text{N/mm}^2)$	1860
Modulo de elasticidadulus of the strand, $E_{st}/(\text{N/mm}^2)$	$1.95 \times 10^5$
Coefficiente de control para el tensado de los hilos de acero, $\alpha$	0.63
Tensión de tensión de los hilos de acero pretendidos, $\sigma_{st}/(\text{N/mm}^2)$	1171.8
Resistencia al rendimiento de tracción diseñada, $f_{py}/(\text{N/mm}^2)$	1110

**Fuente:** Extraído de YPFB Transporte, 2020

La tabla 8 nos muestra los datos de pruebas realizadas, como ser parámetros de resistencia, rendimientos, coeficientes, fuerzas de tensión y módulos de elasticidad.

### 2.2.3 Selección del engrasador adecuado

De acuerdo a las especificaciones técnicas que presentan los engrasadores seleccionados, se obtienen los parámetros más importantes para dicha selección las cuales son presentadas en la tabla siguiente:

**Tabla 10:** *Parámetros de selección de engrasador neumático*

MODELO	SAMOA PM45- 25MA	FLEXDIMEC 4060	SAMOA PM60-80MA
Ratio de presión	25:1	50:1	80:1
Caudal a 60 ciclos por min (kg/min)	6	3,5	2,5
Consumo de aire a 5bar y de 60 cpm (NI/min)	1340	750	1000
Máxima presión salida de fluido (MPa)	35	40	56
Potencia (Watts)	10723,61	2677,76	8568

**Fuente:** Elaboración propia en base a las especificaciones técnicas presentadas anteriormente, 2023

En la tabla 10 cuenta con todos los datos necesarios para poder hacer nuestra selección, que se basa en función de caudal de inyección, presión de fluido, consumo de aire y potencia.

### 2.2.4 Representación gráfica del caudal del engrasador respecto a la presión

La presión debe ser mayor a la del ducto que es de 1500 Psi y la temperatura de operación es de 288,15 K. Las otras variables se obtuvieron en base a los parámetros principales de operación.

También se considera según las capacidades promedios que se inyecta un litro por minuto

$$Q_{aire} = \frac{Q_{aceite} \times P_{iny} \times T_{iny}}{[P_{ducto} - \rho_{aceite}H] \times T_{aire}}$$

$$Q_{aire} = \frac{1,67 \times 10^{-5} \times 1500 \times 293,15K}{[P - \times 0,00514 \times 1] \times 288,15K}$$

$$Q_{aire} = \frac{0,025}{P - 0,00514\rho_{aceite}}$$

Obteniendo varios valores de caudal de inyección del aceite en función de la presión de inyección y la densidad del mismo.

**Tabla 11:** *Calculo de caudal de Aire*

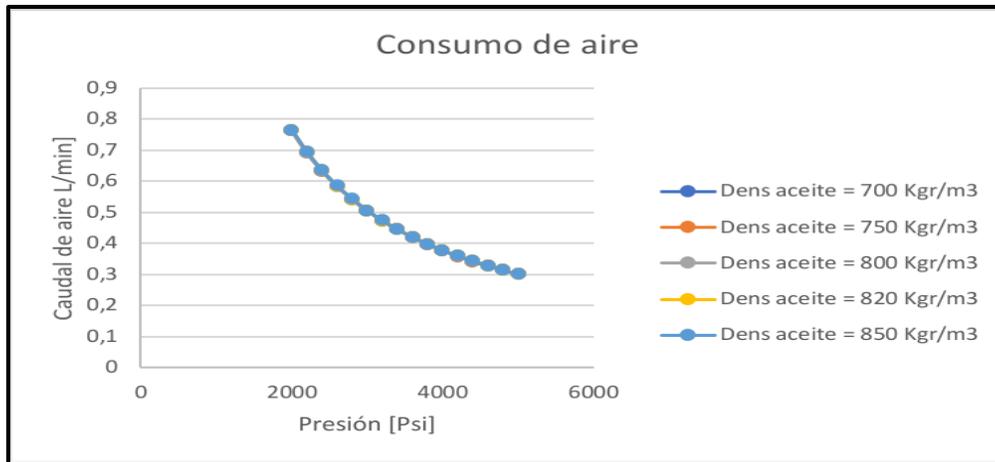
<b>P_iny</b>	<b><math>\rho_{aceite}</math> 700kg/m3</b>	<b><math>\rho_{aceite}</math> 750kg/m3</b>	<b><math>\rho_{aceite}</math> 800kg/m3</b>	<b><math>\rho_{aceite}</math> 820kg/m3</b>	<b><math>\rho_{aceite}</math> 850kg/m3</b>
2000	76,36	76,46	76,56	76,60	76,66
2200	69,31	69,39	69,47	69,50	69,55
2400	63,44	63,51	63,58	63,61	63,65
2600	58,50	58,55	58,61	58,64	58,67
2800	54,26	54,31	54,36	54,38	54,41
3000	50,60	50,65	50,69	50,71	50,73
3200	47,40	47,44	47,48	47,50	47,52
3400	44,59	44,62	44,65	44,67	44,69
3600	42,08	42,11	42,14	42,16	42,17
3800	39,85	39,88	39,90	39,91	39,93
4000	37,84	37,86	37,89	37,90	37,91
4200	36,02	36,04	36,06	36,07	36,09
4400	34,37	34,39	34,41	34,42	34,43
4600	32,86	32,88	32,90	32,91	32,92
4800	31,48	31,50	31,52	31,52	31,53
5000	30,22	30,23	30,25	30,25	30,26

**Fuente:** Elaboración propia en base a los datos de presión de inyección y densidad del aceite, 2023

El resultado obtenido mediante cálculos de consumo de aire con respecto a las presiones de inyección presentadas en las especificaciones técnicas del engrasador no existe una diferencia notable, la cual define la selección de un engrasador de Ratio 25:1 es la correcta para este proyecto de investigación, ya que el gasoducto trabaja con una presión de operación de 1500psi,

y nuestra selección cuenta con una presión de inyección de flujo (grasa) 5076psi. Por lo cual es mayor la presión de inyección a la de operación.

**Figura 13:** *Relacion presion de inyeccion vs caudal de aire calculado*

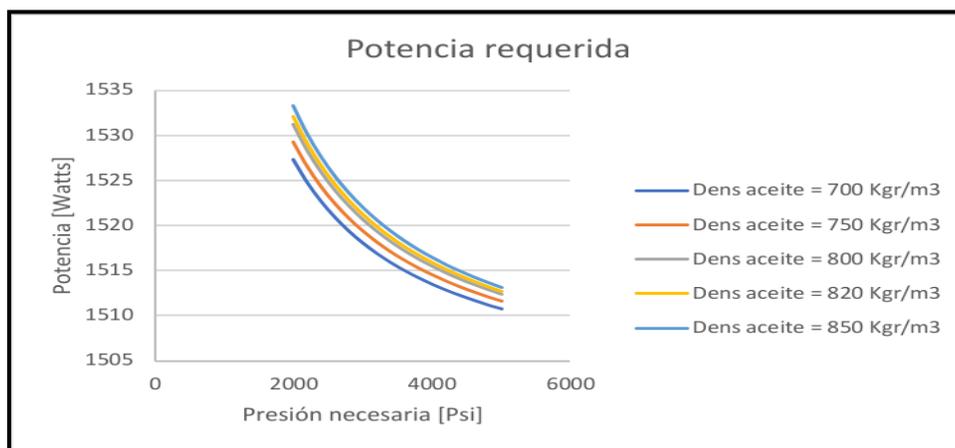


**Fuente:** Elaboración propia en base a los cálculos de presión de inyección y caudal de aire

Se puede afirmar que no influye la calidad ni la densidad del aceite solo la presión que ejerza este engrasador ya que a mayor presión que necesite más difícil es el flujo de aire y no se debe superar a los 2000 a 3000 PSI en el uso de presión ya que el proceso no será eficiente.

Analizamos la potencia requerida si existe alguna variación:

**Figura 14:** *Relacion presion necesaria vs potencia calculada*



**Fuente:** Elaboración propia en base a los cálculos de potencia y presión necesaria

En esta gráfica ya se puede apreciar la variación de la potencia. Por tanto se escoge siempre la curva del medio es decir un equipo mediano ni muy grande ni muy pequeño para que pueda generar la presión necesaria alcanzando los 5076 psi.

## **2.2.5 Manual de mantenimiento engrasadores neumáticos**

Tener en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias al momento de llevar a cabo las tareas de mantenimiento del engrasador neumático.

Es importante tener en cuenta que un programa de mantenimiento efectivo permite detectar los fallos repetitivos, disminuir los tiempos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación, todo esto entre una larga lista de ventajas. En esta sección se presenta la información necesaria para el mantenimiento rutinario del engrasador.

### **2.2.5.1 Lubricación**

Todas las partes móviles del engrasador deben mantenerse lubricadas. Estas operaciones se realizan con una determinada frecuencia indicada en la (tabla 12: Mantenimiento programado.)

Como todo equipo mecánico accionado por aire comprimido, es necesario que sus partes móviles permanezcan lubricadas para evitar rozamientos y desgastes innecesarios. Para tal fin se recomienda lubricar periódicamente. El lubricante recomendado para estas operaciones es, SAE 10W.

### **2.2.5.2 Control de desgastes**

Verificar visualmente e identificar si existen sonidos anormales, seguramente los mismos derivan de componentes internos dañados. No desarme el equipo, recurra al manual de reparación.

### **2.2.5.3 Trabajo de limpieza**

Mantener en todo momento el equipo en condiciones óptimas de limpieza. Sólo un equipo limpio hace posible realizar trabajos en forma eficaz y eficiente. En un equipo con demasiada suciedad, probablemente se detectarán daños y fallos demasiado tarde, lo que implicaría

pérdidas de tiempo de producción. Usted debe efectuar regularmente una limpieza básica del equipo y de los componentes. Los intervalos de limpieza del engrasador dependen fundamentalmente de las condiciones de servicio del equipo.

#### 2.2.5.4 Mantenimiento programado

La guía de mantenimiento que se presenta a continuación refleja los puntos a considerar como mantenimiento programado a llevar a cabo para el engrasador neumático.

**Tabla 12:** Planilla mantenimiento programado del engrasador

Controles/operaciones de mantenimiento		Periodicidad		
		Diario	Mensual	Anual
Sistema superior	Remover suciedad de la válvula de grasa		■	
	Verificación válvulas de aire			■
	Lubricación del engrasador	■		
Sistema inferior	Verificación de estado de prensa de grasa			■
	Inspecciones de abolladuras del balde metálico		■	

**Fuente:** Manual de uso y reparación engrasador Jit lubricación, 2021

Para llevar a cabo los siguientes procedimientos de mantenimientos, asegúrese de interrumpir el ingreso de aire presurizado al sistema.

#### 2.2.5.5 Procedimiento de remoción de suciedad de la válvula de grasa

El error más frecuente durante la carga de grasa se produce al introducir cuerpos extraños junto con la grasa, dichos cuerpos pueden ser, trozos de cartón, tela, pequeñas semillas, impurezas metálicas, y todo aquel elemento que se encuentre en el lugar donde frecuentemente se realiza la tarea de carga de grasa.

En ocasiones, dichas impurezas son arrastradas por el mismo sistema liberando la válvula de grasa principal.

Otras veces dicha partícula obstruye el normal cierre de la válvula de grasa principal, teniendo que efectuar el desmontaje y limpieza del sistema de succión.

A continuación, se describen los pasos para desmontar el sistema de válvulas y poder realizar la limpieza del sistema.

Paso 1: Asegurar el engrasador tomándolo del cabezal en una morsa de banco. Desenroscar las mariposas y retirar el balde. Luego, con una pinza quitar el aro de seguridad del tubo de succión, liberando la prensa grasa y retirarlo junto con el resorte.

Paso 2: Conectar la línea de aire comprimido, preferente con una presión reducida de poco más de 3 Kg/cm<sup>2</sup> (45 psi), Con el objeto de que, al presionar el gatillo, asome el pescador y ayudándose de otra pinza, desenroscar y retirar el pescador.

Paso 3: Liberar el gatillo para que el pistón retorne a su posición de descanso. Ahora ya es posible desenroscar el tubo de succión en sentido anti horario. Terminada la limpieza, observar el estado de las piezas, en caso de ser necesario reemplazar el o 'ring. Volver a montar el conjunto siguiendo los pasos de manera inversa.

Paso 4: Una vez desmontado el sistema de válvula, realizar una limpieza mecánica o con solvente de las piezas, prestar especial atención a detectar y conservar las partes que obstruían el cierre. Es importante que el usuario tome conciencia de que las partículas retenidas por el engrasador podrían haber ingresado al sistema a lubricar y actuar en forma nociva.

#### **2.2.5.6 Procedimiento de verificación de las válvulas de aire**

El uso prolongado del equipo en ambientes húmedos, con polvillo, viruta, arena, etc. determinan que los aros de sello se vean afectados con el tiempo. Sumado a esto, la falta de provisión al equipo de aire seco, lubricado y limpio mediante un sistema acondicionador del aire FRL (Filtro, Lubricador y Regulador) hacen que las partículas nocivas o abrasivas se depositen en los apoyos de las válvulas. Con el objeto de verificar el estado de las válvulas y efectuar el reemplazo o limpieza de los sellos de goma de las mismas, se recomiendan realizar los siguientes pasos para el desmontado de las válvulas en el cabezal.

Paso 1: Desconectar el equipo de la manguera de aire comprimido.

Paso 2: Quitar el niple de cierre ubicado en la parte superior del cabezal con una llave  $\frac{3}{4}$ ". Girando en sentido anti horario. Una vez expuesto el sistema de válvulas, remover cualquier tipo de suciedad encontrada. Verificar el estado del aro de goma.

Paso 3: Quitar la espina elástica, para poder liberar el gatillo y acceder al o 'ring del vástago del gatillo. Verificar su limpieza y estado.

#### **2.2.5.7 Procedimiento para remover abolladuras del balde metálico**

Desmontar el cabezal del balde, verificar la interferencia que se produce al pasar una prensa grasa hasta el fondo del mismo. En el caso de no disponer de un sistema de rodillos para rolado del balde, corregir la curvatura del balde mediante el martillado mecánico o prensado contra un cuarto de curva preformada de madera que acompañe la curvatura del balde según especificaciones.

#### **2.2.5.8 Indicaciones importantes**

Para asegurar la larga vida útil de la bomba y lograr un rendimiento óptimo y perfecto, por favor, tenga en cuenta las siguientes indicaciones:

- El aire comprimido debe filtrarse para evitar la penetración de partículas de suciedad en la bomba y el desgaste adicional de esta y sus piezas.
- La presión bajo la cual el dispositivo se utiliza no debe exceder los 8 bares para no afectar negativamente la integridad y durabilidad de los componentes individuales y las mangueras.
- Durante la utilización de mangueras de grasa de alta presión, asegúrese de no doblar, apretar o tensarlas demasiado.
- Cuando no se utilice el dispositivo, debe quitarse la boquilla de conexión rápida. Además, debe accionar la punta engrasadora para liberar de presión residual las mangueras y otros componentes.
- La bomba debe ser aceiteada regularmente.
- No utilice el dispositivo si el nivel de lubricante es demasiado bajo. Esto podría conducir a uso sobrecalentamiento y dañar el pistón y otras piezas.

## 2.2.6 Estudio de costos

### 2.2.6.1 Costos fijos

Los costos variables son aquellos costos que pueden variar dependiendo de la cantidad de bienes o servicios que una empresa produce.

A continuación, se presentan los costos fijos considerando los costos de simulación y los costos de instalación:

**Tabla 13:** *Análisis de costos fijos*

<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>Mensual</b>	<b>Tipo</b>
Servicios básicos	5.500	adm
Instalación de en	17.000	Operativo
Mano de obra indirecta (MOI)	20.000	adm
Seguridad industrial	22.500	adm
Mantenimiento de intercambiador	30.000	Operativo
Gastos Gral. de levantamiento de datos	5.000	Operativo
Impuestos	7.800	Financiero
<b>TOTAL COSTO FIJO MES</b>	<b>107.800</b>	

**Fuente:** Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023

El costo fijo de levantamiento del proyecto para la instalación de un engrasador neumático es de 107800 bolivianos mensual. Pero el trabajo se lo realizará en un plazo de tres meses por tanto el costo fijo total es de 323400.

### 2.2.6.2 Costos variables

A continuación, se presentan los costos variables:

**Tabla 14:** *Análisis de costos variables*

<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/r Unit</b>	<b>Mensual</b>
Accesorios y material de escritorio	10	200,00	2.000
Aceite lubricante	8	50,00	400

<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V/r Unit</b>	<b>Mensual</b>
Aditivos	1000	1,00	1000
<b>TOTAL COSTO VARIABLE MES</b>			<b>3.400</b>

**Fuente:** Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023

El costo variable de levantamiento del proyecto para la instalación de un engrasador neumático es de 3400 bolivianos

### 2.2.7 Depreciación del proyecto

Para la depreciación del proyecto se cuenta con la siguiente tabla:

**Tabla 15:** *Depreciación anual del proyecto*

<b>EQUIPO</b>	<b>Valor</b>	<b>Vida Útil/ Años</b>	<b>Depreciación Anual</b>
1 engrasador	1908186	8	238523
Computadora	3800	4	950
Accesorios y material de escritorio	445	10	44,5
Software	16000	10	1600
Impresoras	1000	5	200
Total	1560245		241.317,50

**Fuente:** Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023

La depreciación anual del proyecto es de 241317,50 bolivianos

### 2.2.8 Inversión inicial

Se tiene la siguiente tabla donde se describe la inversión total del proyecto, considerando que solo los costos se aplicarán para tres meses ya que ese es el tiempo de levantamiento de datos y estudio:

**Tabla 16:** *Capital de trabajo*

<b>COSTOS FIJOS AL MES</b>	107.800,00
Costos variables al mes	3.400,00

<b>TOTAL DE COSTOS Y GASTOS</b>	111.200,00
<b>DEPRECIACIÓN UN AÑO</b>	241.317,50
1 engrasador neumático	1.908.186,00
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>	<b>2.260.703,50</b>

**Fuente:** *Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023*

La inversión inicial para este proyecto es de 2.260.703,50 bolivianos.

### 2.2.9 Análisis de costo y beneficio

Usando la ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Inversion inicial}}$$

Para cinco años de financiamiento:

$$\frac{B}{C} = \frac{(5000000 - 1.908.186,00)Bs}{2.260.703,50 Bs}$$

$$\frac{B}{C} = 1,37$$

Sobra el 37 % del presupuesto planteado, por lo tanto, el proyecto es factible si es que se cuenta con un fondo de ahorros para proyectos mayores a los 5 millones de bolivianos.

## 2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### 2.3.1 Tiempo recomendado de lubricación de válvulas

Se recomienda lubricación periódica para asegurar mayor duración y prestaciones, el mantenimiento de lubricación ayudara a prevenir corrosión y el excesivo desgaste de las partes de la válvula.

**Tabla 17:** *Análisis de las actividades desarrolladas*

Tarea	NÚMERO DE OPERACIONES		
	APERTURA /CIERRE POR AÑO		
Tarea	0-1	2-12	13-36
Lubricación del cuerpo	C/12meses	C/6meses	C/2meses
Lubricación de rodamientos	C/12meses	C/12meses	C/12meses

**Fuente:** Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023

En esta investigación se verifico que las válvulas necesitan lubricación de acuerdo a funciones de apertura y cierre en las válvulas, las válvulas cercanas a las estaciones de compresión son las que necesitan más periodicidad en su lubricación siendo a ser bimestralmente.

### 2.3.2 Resumen de las variables de rentabilidad

Según los resultados anteriormente obtenidos el proyecto es medianamente factible, ya que el costo del equipo se aproxima a los 2 millones y se debe contar con un millón de dólares anuales para destinar en el mantenimiento hasta 4 años mínimo

Se llega al siguiente análisis de resultados

**Tabla 17:** *Análisis de las actividades desarrolladas*

Objetivos específicos	Aspectos positivos
Diagnosticar la situación actual del mantenimiento de las válvulas del gasoducto Carrasco Cochabamba	Se describen todos los pasos de mantenimiento actuales que se llevan a cabo en las válvulas dentro del gasoducto
Describir las características físicas y técnicas de un engrasador neumático para lubricación de válvulas.	Descripción de las especificaciones técnicas del engrasador neumático y características del ducto para que se adapte a la lubricación

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Aspectos positivos</b>
<p>Seleccionar un engrasador neumático que se adapte a las condiciones de operación de las válvulas comparando varios tipos en función a la potencia, presión y consumo de aire necesaria.</p>	<p>se selección realizando los cálculos de potencia e caudal de consumo de aire. Las cuales nos permitieron seleccionar un engrasador de ratio 25:1</p>
<p>Realizar un plan de control y mantenimiento de engrasadores neumáticos para limpieza y lubricación de válvulas</p>	<p>Desarrollar pasos de los métodos de manejo del engrasador y mantenimiento de válvulas</p>
<p>Estimar los costos de la implementación propuesta.</p>	<p>La relación de costo beneficio es alta lo que significa que el proyecto se financiará rápidamente debido a los ingresos generados por la venta de gas natural.</p>

**Fuente:** Elaboración propia en base en el análisis propuesto, 2023

### CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

Se llegan a las siguientes conclusiones:

- Se diagnosticó la situación actual del mantenimiento las válvulas del gasoducto Carrasco Cochabamba, existe unos déficits en su plan de mantenimiento debido a que no se realiza una lubricación de las válvulas del gasoducto en el periodo determinado según las especificaciones técnicas que tienes las válvulas, además debe realizarse debido a las operaciones de apertura y cierre de válvulas.
- Se describió las características físicas y técnicas de un engrasador neumático para lubricación de válvulas mediante el uso de varios catálogos de empresas que proveen estos equipos de lubricación, las cuales presenta diferentes tipos de engrasadores en función del ratio o presión de compresión.
- Se seleccionó un engrasador neumático que se adapte a las condiciones de operación de las válvulas comparando 3 tipos de engrasadores ratio 25:1, 50:1 y 80:1. La cual se seleccionó un engrasador neumático con ratio de presión de 25:1, mediante cálculos de presión de inyección, potencia y consumo de aire las cuales son: 5076psi, 10723Watts (14hp) con un caudal de inyección de grasa de 69,3 m<sup>3</sup>/s. la presión de inyección es mayor a la presión de operación del gasoducto, por lo cual es factible esta selección.
- Se realizó un plan de control y mantenimiento de engrasadores neumáticos, para armar y desarmar en caso de fallo, se presenta los pasos y los periodos de lubricación de la misma. Las servirán de guía a futuro para presentar un mejor mantenimiento de los engrasadores neumáticos, también así hacer eficiente los engrases y/o lubricación de válvulas en el gasoducto.
- Se realizó una evaluación económica de la implementación propuesta dónde se confirma que el proyecto es factible con una inversión de 2.260.703,50 bolivianos los cuales serán recuperados en un trascurso de 4 años. El proyecto propuesto nos evitara perdidas por el paro de operación que se da en línea, con la implementación del engrasador seleccionado se ahorrara en costos de mantenimiento de válvulas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akin LS, Townsend DP. (1983). Into mesh lubrication of spur gears with arbitrary offset oil jet. Part 2: For jet velocities equal to or greater than gear velocity. *J Mech Trans Autom*, 719-724.
- API STANDARD 614. (1999). *Lubrication, Shaft-Sealing, and Control-Oil Systems and Auxiliaries for Petroleum*. Chemical and Gas Industry Services: API STANDARD 614., Lubrication, Shaft-Sealing, and Control-Oil Systems and Auxiliaries for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services Fourth Edition, APRIL 1999.
- Avtushko, M. N. (1980 ). *Dynamics of Fluid and Pneumatic Actuators of Vehicles*. Moscow : Machine building .
- Balseca Perez, P. (2009). *Diseño e implementación de un sistema de engrase automático de las válvulas mariposa en la central Agoyán*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- C. S. C. A. a. B. S. Kotcioglu. (2010). Second Law Analysis and Heat Transfer in a Cross-Flow Heat Exchanger with a New Winglet-Type Vortex Generator. *Energy*, vol. II, n° 35 (9), 3686.3695.
- Conceptos Básicos de Neumática e Hidráulica*. (11 de 11 de 2011). Obtenido de SAPIENSMAN: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm> Técnica Marítima.
- DP, A. L. (1989). Lubricant jet flow phenomena in spur and helical gears with modified addendums—for radially directed individual jets. In: Proceedings of the 5th international power transmission and gearing conference. *Chicago, IL, USA*, 367-374.
- Fakheri, A. (2010). Second Law Analysis of Heat Exchangers. *ASME Journal of Heat Transfer*, vol. I, n° , 132.
- G. Jiangfeng, L. C. (2010). Optimization design of shell and tube heat exchanger by entropy generation minimization and genetic algorithm. *ELSEVIER*, vol. I, 1-7.

- Kaverzina A S, L. A. (2020 ). Climatic Effect on Characteristics of a Hydraulic Drive of a Selfpropelled Vehicle IOP Conference series. *Materials science and engineering*, 734 .
- Levitsky. (1990). *The Theory of Mechanisms and Machines*. Moscow: Science) .
- Lubricacion, J. (05 de Diciembre de 2023). *DIVISION OIL & GAS*. Obtenido de JIT LUBRICACION: <https://jitlubricacion.com/oil-gas/>
- M. a. L. S. Arivazhagan. (2011). Entropy Generation Minimization of Shell and Tube Heat Exchanger with Porous Medium . *Experimental Techniques*, vol. I, n° 10.1111 , 1567-1747.
- M. B. Reyes Rodriguez, J. L. (2013). Optimización de intercambiadores de tubo y coraza mediante la tecnica de recocido simulado. *Centro Azucar*, vol I, 1-13.
- M. B. Reyes Rodriguez, J. L. (2014). Automatización y optimización del diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza mediante el método de Taborek. *Ingenieria Mecanica*, vol 17, 78-89.
- Mejías, E. A. (2012). Análisis Exergético y Termoecónomico de intercambiadores de calor de tubo y coraza. *Revista de Ingenieria-Universidad de Talca*, vol. II, 1.
- Press, Popov D N . (2002). *Mechanics of Fluid and Pneumatic Actuators*. Moscow: Bauman Moscow State Technical University Press.
- Ruiz, P. M. (2012). Obtenido de Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales: <http://rrhh.ameco.cl/hsec/153-sea-precavido-con-el-aire-comprimido.html>
- S, L. A., A, S. D., V, L. M., P, D. S., & Andreychikov. (2020 ). Mathematical Characterization of Fluid Compressibility Impact on Fluid Drive's Output Parameters IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 1047 .
- S. Z. a. Z. S. M. Shuja. (2011). Thermoeconomic Considerations in the Design and Analysis of a Finned Heat Sink Array: The Effect of Material Cost. S. Z. a. Z. S. M. Shuja, «*Thermoeconomic Considerations in the Design and Analysis oInternational Journal of*

*Exergy, vol. III, n° 9*, S. Z. a. Z. S. M. Shuja, «Thermoeconomic Considerations in the Design and Analysis of a Finned 370-387.

V, G. M. (1997 ). Development of Mathematical Models for the Hydraulic Machinery of Systems Controlling the Moving Components of Water Development Works Hydrotechnical construction. , 745-50 .

Wang Y, N. W. (2015). Influence of spin flow on lubricating oil jet – design method of oil jet parameters to high speed spur gears. *Tribol Int 2015*, 290–300.

Y, D., & Wu W, Z. H. (2018). Numerical simulation and optimization of oil jet lubrication for rotorcraft meshing gears. 318–326.

Y, W., G, S., & W, N. (2018). Optimized design of jet parameters of oil jet lubricated spur gears. 149–158.

## ANEXOS

### Anexo 1: Problemas de la bomba

Si sospecha que la bomba tiene problemas realice estas pruebas:

1. Si su bomba desarrolla alta presión en el manómetro, si se sopla el disco de seguridad o actúa el Interruptor de presión, su problema está en el sistema y no en la bomba.
2. Si la bomba no desarrolla alta presión, abra la válvula de sangrado de aire.  
Haga funcionar la bomba. Si el lubricante es bombeado en cantidad adecuada sin burbujas de aire entonces usted sabe que la bomba no está bloqueada con aire y esta normalmente.
3. Si el lubricante no aparece en cantidades normales chequee el bidón de la bomba para ver si la carilla indicadora está adherida y dando indicación falsa del nivel del lubricante y el bidón está lleno de aire indicando que aire en lugar de grasa está siendo bombeado desde la bomba de transferencia al bidón de la bomba.  
También chequee las lumbreras de entrada al pistón buscando si hay algo que pueda producir bloqueo y remueva cualquier endurecimiento o materia extraña.
4. Si la bomba tiene un reservorio separado, retire la conexión de entrada a la bomba para ver si lubricante está viniendo a través de la bomba de cebado.  
Use una línea de conexión más larga si es necesario.
5. Como la bomba tiene una tuerca de ajuste, asegúrese de que este ajustada de manera segura para que el aire no pueda ser aspirado a la bomba en la carrera de cebado.
6. Si la bomba tiene buen suministro de lubricante, bloquee la línea principal para ver si la bomba levanta presión, el accionamiento y el pistón de la bomba están en buenas condiciones.
7. Si la presión cae abruptamente después de cada carrera del pistón inspeccione o reemplace la válvula de no retorno ubicada en la descarga.  
Es probable que este desgastada o se haya quedado abierta.
8. Si la bomba rehúsa a levantar presión con la línea principal bloqueada y hay evidencia que no se cebra de cebado, el pistón de la bomba o el ensamblaje de la camisa están probablemente gastados y requieren ser reemplazados.
9. Otros defectos de funcionamiento son resorte de retorno del pistón roto, falta de suficiente aire o presión hidráulica actuante, válvula de no retorno atascada, etc.

Fuente: Extraído de manual de instrucciones Wiltec Wildanger Technik, 2021

## Anexo 2: Solución de problemas

Problema	Posible causa	Solución
1. La grasa lubricante no se transfiere de forma homogénea.	a) Vía de carga floja	Vuelva a apretar la vía de carga.
	b) Entrada de grasa sucia	Busque y elimine la suciedad.
	c) Grasa lubricante demasiado viscosa	Cambie la grasa de litio cada estación: 1–2 veces en invierno, 2 veces en primavera y otoño y 2–3 veces en verano.
	d) Válvula sucia	Elimine la suciedad.
	e) Insuficiente grasa en el depósito	Rellene con grasa lubricante.
2. Hay pérdida de presión.	a) Juntas de las válvulas desgastadas	Renueve las juntas de sellado.
	b) Zapatas o tornillos de la placa de bloqueo soltados	Busque y fije las piezas flojas.
3. La presión de salida de la grasa es insuficiente.	a) Piezas de la manguera de salida bloqueadas	Encuentre y limpie las zonas bloqueadas.
	b) Obstrucción parcial del canal de grasa dentro de la punta engrasadora	Encuentre y limpie las zonas bloqueadas.
	c) Suciedad en dos válvulas unidireccionales	Quite el pistón y limpie la punta engrasadora.
	d) Zona entre la válvula de bloqueo y la válvula de paso obstruida	Desmunte y limpie las válvulas.
4. Al liberar aire se escapa la grasa.	Junta de tipo V no estanca.	Renueve la junta y limpie alrededor.
5. La grasa sale por la pieza giratoria de la punta engrasadora.	Anillo sellador de caucho butilo no estanco	Renueve la junta y limpie alrededor.

**Fuente:** Extraído de manual de instrucciones Wiltec Wildanger Technik, 2021

## Anexo 3: Plan de mantenimiento YPFB

Inspección y relevamiento				
Actividad	Instructivo	Código	Formato	Código
<b>Recorrido Aéreo Sobre Ddv</b>	Recorrido aéreo sobre ddv	<b>COG 001 MT DT IN 0101</b>	Recorrido aéreo sobre ddv	<b>COG 001 MT DT FO 0101</b>
<b>Relevamiento De Cruces De Caminos Sobre Ddv.</b>	Relevamiento de cruces de caminos sobre ddv.	<b>COG 001 MT DT IN 0102</b>	Relevamiento de cruces de caminos sobre ddv.	<b>COG 001 MT DT FO 0102</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
<b>Relevamiento De Señalización</b>	Relevamiento de señalización	<b>COG 001 MT DT IN 0103</b>	Relevamiento de señalización	<b>COG 001 MT DT FO 0103</b>
<b>Recorrido De Marcha Lenta Sobre Ddv.</b>	Recorrido de marcha lenta sobre ddv.	<b>COG 001 MT DT IN 0104</b>	Recorrido de marcha lenta sobre ddv.	<b>COG 001 MT DT FO 0104</b>
<b>Relevamiento De Cruces De Ríos, Arroyos Y Erosiones.</b>	Relevamiento de cruces de ríos, arroyos y erosiones.	<b>COG 001 MT DT IN 0202</b>	Relevamiento de cruces de ríos, arroyos y erosiones.	<b>COG 001 MT DT FO 0202</b>
<b>Relevamiento De Puentes Y Cruces Aéreos.</b>	Relevamiento de puentes y cruces aéreos.	<b>COG 001 MT DT IN 0105</b>	Relevamiento de puentes y cruces aéreos.	<b>COG 001 MT DT FO 0105</b>
<b>Patrullaje</b>	Patrullaje	<b>COG 001 MT DT IN 0106</b>	Patrullaje	<b>COG 001 MT DT FO 0106</b>
<b>Inspección De Túnel</b>	Inspección de túnel	<b>COG 001 MT DT IN 0107</b>	Inspección de túnel	<b>COG 001 MT DT FO 0107</b>
<b>Corrida De Pig</b>	Corrida de pig en ducto de ng	<b>COG 001 MT DT IN 0108</b>	Check list para operaciones de lanzamiento y recepción pig en ducto ng.	
			Reporte de lanzamiento y recepción pig en ducto ng.	<b>COG 001 MT DT FO 0108</b>
	Corrida de pig en ducto de ngl	<b>COG 001 MT DT IN 0109</b>	Check list para operaciones de lanzamiento y recepción pig en ducto ngl.	
			Reporte de lanzamiento y recepción pig en ducto ngl.	<b>COG 001 MT DT FO 0109</b>
<b>Auditorias Técnicas De Mantenimiento De Ductos</b>	Auditoria técnica de mantenimiento de ductos	<b>COG 001 MT DT IN 0110</b>	Auditoría técnica de mantenimiento de ductos	<b>COG 001 MT DT FO 0110</b>
			Listado de no conformidades	<b>COG 001 MT DT FO 0111</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
<b>Relevamiento De Ductos Abandonados</b>	Registro de potenciales de protección catódica en ductos principales	<b>COG 001 MT DT IN 0302</b>	Medición de potenciales de protección catódica de ductos: natural - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0310</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0311</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - off.	<b>COG 001 MT DT FO 0312</b>

<b>CONTROL DE CORROSIÓN DE VÁLVULAS</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Monitoreo De Puntos Críticos</b>	Monitoreo de puntos críticos	<b>COG 001 MT DT IN 0201</b>	Monitoreo de puntos críticos	<b>COG 001 MT DT FO 0201</b>
<b>Monitoreo En Cruces De Ríos Críticos</b>	Relevamiento de cruces de ríos, arroyos y erosiones.	<b>COG 001 MT DT IN 0202</b>	Relevamiento de cruces de ríos, arroyos y erosiones.	<b>COG 001 MT DT FO 0202</b>
<b>Monitoreo Strain Gages</b>	Monitoreo de lecturas Strain Gages	<b>COG 001 MT DT IN 0204</b>	Monitoreo Strain Gages	<b>COG 001 MT DT FO 0204</b>

<b>PROTECCION CATODICA</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Relevamiento De Cps De Ductos (Termo generadores)</b>	Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica	<b>COG 001 MT DT IN 0301</b>	Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica. Rectificador - ductos.	<b>COG 001 MT DT FO 0301</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
			Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica. termogenerador - ductos.	<b>COG 001 MT DT FO 0302</b>
			Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica. Rectificador - ductos.	<b>COG 001 MT DT FO 0304</b>
			Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica. termogenerador - ductos.	<b>COG 001 MT DT FO 0305</b>
<b>Relevamiento. De Cps De Plantas (Rectificadores)</b>	Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica	<b>COG 001 MT DT IN 0301</b>	Inspección y mantenimiento de fuentes de corriente de protección catódica. Rectificador - plantas.	<b>COG 001 MT DT FO 0303</b>
<b>Relevamiento De Medición De Potencial En Ductos Ng&amp;Ngl</b>	Registro de potenciales de protección catódica en ductos principales	<b>COG 001 MT DT IN 0302</b>	Medición de potenciales de protección catódica de ductos: natural - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0310</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0311</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - off.	<b>COG 001 MT DT FO 0312</b>
<b>Relevamiento De Potenciales En Ductos Fuera De Servicio.</b>	Registro de potenciales de protección catódica en ductos principales	<b>COG 001 MT DT IN 0302</b>	Medición de potenciales de protección catódica de ductos: natural - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0310</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0311</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de ductos: on - off.	<b>COG 001 MT DT FO 0312</b>
<b>Relevamiento De Potenciales Y Juntas Aislantes En estaciones</b>	Registro de potenciales de protección catódica en ductos principales	<b>COG 001 MT DT IN 0302</b>	Medición de potenciales de protección catódica de plantas: on – off y natural.	<b>COG 001 MT DT FO 0313</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de plantas: on	<b>COG 001 MT DT FO 0314</b>
			Medición de potenciales de protección catódica de plantas: on – ac.	<b>COG 001 MT DT FO 0315</b>
<b>Relevamiento De Potenciales Y Juntas Aislantes En Válvulas</b>	Inspección y mantenimiento de camas anódicas	<b>COG 001 MT DT IN 0303</b>	Inspección y mantenimiento de cama anódica de válvula	<b>COG 001 MT DT FO 0334</b>
			Inspección ovp plantas	<b>COG 001 MT DT FO 0342</b>
			Inspección pcr estaciones	<b>COG 001 MT DT FO 0343</b>
			Registro de recepción de juntas monolíticas	<b>COG 001 MT DT FO 0344</b>
<b>Mantenimiento De Cps Y Verificación De Cama Anódica De Ductos</b>	Inspección y mantenimiento de camas anódicas	<b>COG 001 MT DT IN 0303</b>	inspección y mantenimiento de cama anódica impresa de ducto.	<b>COG 001 MT DT FO 0331</b>
			inspección y mantenimiento de cama anódica impresa de ducto con caja de paso.	<b>COG 001 MT DT FO 0332</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
			Inspección y mantenimiento de cama anódica galvánica de ducto.	<b>COG 001 MT DT FO 0333</b>
			Inspección y mantenimiento de cama anódica de válvula.	<b>COG 001 MT DT FO 0334</b>
			Inspección y mantenimiento de cama anódica de corrientes telúricas.	<b>COG 001 MT DT FO 0335</b>
			Inspección y mantenimiento de cama anódica de mitigación de corriente alterna.	<b>COG 001 MT DT FO 0336</b>
			Inspección y mantenimiento de camas anódicas galvánicas - resumen.	<b>COG 001 MT DT FO 0337</b>

<b>Detección De Fugas en válvulas</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Detección Perdidas En engrasador Clase 1 Y 2</b>	Detección de pérdidas en ductos y cruces de caminos sobre ddv.	<b>COG 001 MT DT IN 0401</b>	Detección de pérdidas en ducto clase 1 y 2	<b>COG 001 MT DT FO 0401</b>
<b>Detección Perdidas En Ducto Clase 3</b>			Detección perdidas en ducto clase 3	<b>COG 001 MT DT FO 0402</b>
<b>Relevamiento Y Detección De Perdidas En Cruces Camino. Clase 1 Y 2.</b>			Detección de pérdidas en cruces de camino clase 1 y 2.	<b>COG 001 MT DT FO 0403</b>
<b>Detección De Perdidas En engrasador válvula Clase 3</b>			Detección de pérdidas en cruces de camino clase 3	<b>COG 001 MT DT FO 0404</b>

<b>Inspección y relevamiento</b>				
<b>PREVENCIÓN DE DAÑOS</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Prevención De Daños en engrasadores</b>	Programa de prevención de daños	<b>COG 001 MT DT IN 0501</b>	Programa de prevención de daños	<b>COG 001 MT DT FO 0501</b>
	Visita de prevención de daños del engrasador	<b>COG 001 MT DT IN 0502</b>	Visita de prevención de daños. De engrasador	<b>COG 001 MT DT FO 0502</b>
			Registro de entidades publicas y privadas	<b>COG 001 MT DT FO 0503</b>

<b>EQUIPOS DE EMERGENCIAS</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Puesta En Servicio Y Control De Equipos Pesados</b>	Puesta en servicio y control de equipos pesados	<b>COG 001 MT DT IN 0601</b>	Puesta en servicio y control de equipos pesados y livianos	<b>COG 001 MT DT FO 0601</b>
<b>Puesta En Servicio Y Control De Equipos Livianos</b>	Puesta en servicio y control de equipos livianos	<b>COG 001 MT DT IN 0602</b>	Puesta en servicio y control de equipos pesados y livianos	
<b>Inspección De Equipos Y Accesorios De Hot Tap Y Line Stop.</b>	Mantenimiento de accesorios y equipos hot tap y line stop	<b>COG 001 MT DT IN 0603</b>	Inspección de equipos y accesorios de hot tap y line stop.	<b>COG 001 MT DT FO 0603</b>
<b>Control De Contenedores De Emergencia</b>			Control de contenedores de emergencia	<b>COG 0001 MT DT FO 0604</b>
<b>Control De Cañería Y Accesorios De Emergencia</b>	Control de contenedores de emergencia	<b>COG 001 MT DT IN 0604</b>	Control de cañería y accesorios de emergencia	<b>COG 001 MT DT FO 0605</b>
<b>Calibración De Instrumentos De Medición</b>	Control de equipos de seguimiento y medición	<b>COG 000 GO GO PG 0005</b>	Programa de control de equipos de medición	<b>COG 000 GO GO FO 0006</b>
<b>Control De Contenedores De Medio Ambiente</b>			Inspección kit de contingencias tipo a	<b>COG 001 SA MA FO 0015</b>
			Inspección kit contingencia tipo b	<b>COG 001 SA MA FO 0016</b>

**Inspección y relevamiento**

<b>CAPACITACIÓN EN RESPUESTA EMERGENCIAS</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Instructivo</b>	<b>Código</b>	<b>Formato</b>	<b>Código</b>
<b>Charla De Capacitación</b>	Procedimiento de capacitación	<b>COG 000 SA SA PG 0001</b>	Capacitación	<b>COG 000 SA SA FO 0001</b>

**Fuente:** Extraído de YPFB Transporte, 2018

Anexo 4: Despiece del equipo

### ENGRASADOR NEUMATICO DE CAUDAL CONTINUO

#### Despiece del equipo

NO.	DESCRIPCIÓN	UNID.	MATERIAL	NOTAS
43	OPERA ELASTICA	1	PLASTICO	
44	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
45	POLI-URE	1	PLASTICO	
46	OPERA	1	PLASTICO	
47	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
48	OPERA 2-3/8"	2	PLASTICO	
49	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
50	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
51	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
52	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
53	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
54	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
55	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
56	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
57	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
58	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
59	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
60	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
61	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
62	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
63	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
64	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
65	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
66	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
67	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
68	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
69	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
70	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
71	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
72	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
73	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
74	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
75	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
76	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
77	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
78	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
79	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
80	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
81	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
82	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
83	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
84	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
85	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
86	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
87	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
88	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
89	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
90	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
91	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
92	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
93	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
94	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
95	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
96	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
97	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
98	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
99	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	
100	OPERA 2-3/8"	1	PLASTICO	

Fuente: Extraído de Catálogo general SAMOA Equipos para grasa, 2021