

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL COMPRESOR ARIEL JGM DE LA PLANTA DE GAS SARDINATA SUR ECOPETROL TIBÚ

*Autor: HENDER FABIÁN PARRA NIETO Código: 23552016703
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Programa Académico: Tecnología en Mantenimiento Electromecánico
Universidad Antonio Nariño
Cúcuta*

e-mail institucional autor: hparra25@uan.edu.co

*Director: CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA
Ingeniero Mecánico. M Sc.*

e-mail institucional del director: ciro.carvajal@uan.edu.co

RESUMEN:

Los sistemas de lubricación en compresores industriales utilizados en la industria del gas natural representan un reto para toda empresa en el área de mantenimiento mecánico. Equipos fuera de servicio, horas de trabajo por reparaciones no programadas y pérdidas económicas por paro en la producción, transporte y distribución del gas, es la muestra de la falta de un programa de mantenimiento estructurado.

El presente trabajo de grado tiene como propósito el desarrollo del protocolo de mantenimiento para el sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM instalado en la planta de producción de gas Sardinata sur Ecopetrol ubicada en el municipio de Tibú Norte de Santander. El protocolo presenta estrategias de mantenimiento prácticas recomendadas por el fabricante y propuestas realizadas por personal especializado y con experiencia en sistemas de lubricación que ya llevan varios años laborando en la planta y realizando el mantenimiento de estos equipos y conocen los diferentes modelos que existen

en la planta.

La información que se entrega en el protocolo es la metodología adecuada para el mantenimiento del sistema de lubricación observando normas de seguridad personal, ambiental y la protección física de los equipos durante su operación; esta información fue tomada de los manuales técnicos y recomendaciones del fabricante.

Finalmente se entrega el protocolo de mantenimiento para el sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM; conformado por módulos que contienen la información específica, que el técnico debe conocer y seguir para realizar el mantenimiento en forma idónea teniendo en cuenta la parte técnica, seguridad personal y la protección del medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Protocolo, planta, mantenimiento, lubricación.

ABSTRACT:

Lubrication systems in industrial compressors

used in the natural gas industry represent a challenge for any company in the area of mechanical maintenance. Equipment out of service, hours of work due to unscheduled repairs and economic losses due to stoppages in the production, transportation, and distribution of gas, is the sign of the lack of a structured maintenance program.

The purpose of this degree work is the development of the maintenance protocol for the lubrication system of the ARIEL JGM compressor installed in the Sardinata sur Ecopetrol gas production plant located in the municipality of Tibú Norte de Santander. The protocol presents practical maintenance strategies recommended by the manufacturer and proposals made by specialized personnel with experience in lubrication systems who have been working in the plant for several years and performing maintenance on this equipment and who know the different models that exist in the plant.

The information provided in the protocol is the appropriate methodology for the maintenance of the lubrication system, observing personal and environmental safety standards and the physical protection of the equipment during its operation; This information was taken from the technical manuals and manufacturer's recommendations. Finally, the maintenance protocol for the lubrication system of the ARIEL JGM compressor is delivered; made up of modules that contain the specific information that the technician must know and follow to carry out the maintenance in an ideal way, taking into account the technical part, personal safety and environmental protection.

KEY WORDS: Protocol, Plant, maintenance, lubrication.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En el proceso de extracción de gas natural y su transporte por tubería, los compresores se presentan como una tecnología fundamental para la cadena de producción y

distribución, siendo usada para ampliar la presión del gas natural cuando se reduce su volumen. Las estaciones de compresión de gas natural son parte importante en los diferentes puntos del proceso de refinación y distribución desempeñando funciones importantes en muchas de las aplicaciones que se encuentran dentro del proceso. La compresión del gas natural satisface diferentes necesidades que se presentan en los puntos del proceso de extracción, refinamiento y distribución y es así como en algunos casos específicos cuando la cabeza del pozo presenta baja presión, la compresión permite que éste eleve su producción con mayores volúmenes de gas natural.

Es acá donde el compresor cobra una alta importancia que depende de las presiones de trabajo que se manejen en el pozo y los caudales que se procesen en él.

Para que la producción se mantenga en altos índices se requiere que estos equipos tengan un programa de mantenimiento adecuado de acuerdo con las recomendaciones técnicas entregadas por el fabricante. La lubricación es un proceso importante para el óptimo desempeño del compresor por lo cual se requiere que al mantenimiento del sistema se le presta una atención especial. Todo compresor debe estar equipado con un sistema de enfriamiento por aceite. Para el caso del compresor ARIEL los valores máximos de temperatura permitida en el aceite que lubrica el conjunto de la carcasa del compresor es de 88°C (190°F).

Para lograr que el mantenimiento del sistema de lubricación sea el adecuado, se debe realizar por personal técnico altamente calificado y entrenado, cumpliendo con protocolos de seguridad en cuanto manejo de herramientas especializadas y normas de seguridad personal y ambiental.

ANTECEDENTES

Al hacer la consulta bibliográfica acerca del trabajo de grado en desarrollo se encontraron los siguientes títulos, que tienen alguna

relación o similitud, con el tema que se está estudiando.

A nivel internacional

ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES DEL SISTEMA MOTOCOMPRESOR DE PLANTA DE GAS AGUAYTÍA

Autor: Aparco Cuchula Heber

Universidad Nacional del Centro del Perú.

Resumen: La Investigación fue desarrollada en la planta de Gas Aguaytia que consta de tres procesos clave desde la extracción de hidrocarburos hasta la producción de gas seco, producción de NGL (Natural Gas Liquefied) y reinyección de agua. En el proceso de producción de gas seco se encuentra el sistema de reinyección de gas, que consta de dos motor-compresores para dicha reinyección. En la reinyección de gas existen fallas ocasionadas por algunos elementos durante el proceso de producción, las cuales se determinaron y que luego fueron analizadas, posteriormente se encontraron los componentes más críticos.

A nivel nacional

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL COMPRESOR DE AIRE DOBLE TORNILLO HUMEDECIDO DE LA EMPRESA LOS COCHES MEGACENTRO

AUTOR (ES): Adolfo Enrique Guacaneme Ubaque.

Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Resumen: Este proyecto se basa en realizar una propuesta de un mantenimiento preventivo, para un compresor de doble tornillo humedecido, que está ubicado en las instalaciones de la empresa Los Coches de la Sabana sede Mega centro de servicios, segundo piso. Este compresor abastece una red neurálgica de aire comprimido para la

utilización de herramientas neumáticas, las cuales son utilizadas para realizar el mantenimiento preventivo, correctivo, lámina y pintura de la sede en vehículos de las marcas Ford, Chevrolet, Renault, Volkswagen.

A nivel local

No aparece ningún diseño de protocolos para mantenimiento en procesos de lubricación para compresores o proyecto específico en el sector del gas; como tal solo se tiene las certificaciones por competencias laborales en el SENA donde se certifica la experiencia e idoneidad del técnico en mantenimientos en sistemas generales de lubricación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país la industria del gas natural se inicia a finales de los años 70 con explotación de yacimientos descubiertos en la Guajira; en 1975 el gobierno inicia la reglamentación del manejo de precios, distribución y comercialización, las empresas a partir del nuevo milenio han venido innovando con equipos y tecnologías de punta aplicados en los procesos de extracción, transporte y distribución. Todo lo anterior exige un despliegue de nuevas competencias que incluyen el conocimiento técnico, la aplicación de normas de seguridad industrial y ambiental por parte del personal técnico y profesional que ejecuta funciones de mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación en los equipos de compresión utilizados para transportar el gas a una alta presión desde las plantas de producción hasta las estaciones de distribución, siendo éste un proceso crítico y de suma importancia en la industria del gas natural y necesario para mantener la productividad, transporte y comercialización.

Los equipos de alta compresión como el caso de los compresores marca ARIEL están diseñados para una fácil operación y un mantenimiento no complejo, en procesos críticos como lo es el sistema de lubricación se requiere una alta experiencia y

conocimiento de los sistemas que implican todo el proceso de lubricación para garantizar una buena operación y varios años de funcionamiento; así mismo la casa matriz entrega toda la información técnica para su mantenimiento, pero aun así el personal debe estar familiarizado con el equipo y es de alta importancia que siga un protocolo específico con todas las normas e instrucciones dadas por el fabricante.

Formulación del problema

De acuerdo con la problemática planteada se formula la siguiente pregunta ¿Se requiere de un protocolo para el mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM instalado en la planta de gas Sardinata Ecopetrol Tibú?

III. JUSTIFICACIÓN

El entrenamiento para funciones de mantenimiento en el área mecánica y específicamente en sistemas de lubricación se puede adquirir realizando una observación en el proceso del mantenimiento por parte de personal experimentado, comparándolo con fichas técnicas o instructivos existentes para esta tarea; esto se puede definir como un conocimiento empírico. En el mantenimiento de un sistema de lubricación específicamente en este tipo de compresores, el técnico debe estar familiarizado con el equipo y cumplir con rutinas específicas entregadas por el fabricante, además realizar buenas prácticas en lo técnico, conservar normas de seguridad personales y protección ambiental; esto se consigue mediante un protocolo donde se tengan mínimo los siguientes ítems:

- Evaluación/Reingeniería (Benchmarking).
- Organización y Planeación
- Identificación de elementos
- Control de Limpieza
- Suministro dentro de la planta y el equipo
- Herramientas especiales para el engrasado y lubricado

- Control de la contaminación ambiental
- Análisis de aceites lubricantes
- Medidas de seguridad personal.

Para la socialización e implementación del protocolo propuesto se requiere de la disponibilidad de equipos y herramientas especializadas que están instalados en la planta, específicamente en los compresores ARIEL. Ver Figura 1.

Figura 1. Compresor ARIEL planta Tibú



Fuente: Autor del proyecto.

La implementación del protocolo de mantenimiento para el sistema de lubricación presenta una opción de entrenamiento para el personal nuevo y una reinducción al personal antiguo del área de mantenimiento mecánico, siendo recurso que se puede desarrollar en la planta realizando prácticas que familiaricen al técnico con el equipo, herramientas especializadas, términos técnicos, abreviaturas en el manejo de planos, manuales técnicos y la aplicación de las normas de SST y de protección ambiental.

Con el desarrollo del proyecto, se cumple con el requisito para obtener el título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial por parte del estudiante proponente del proyecto.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el protocolo de mantenimiento para el sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM de la planta de gas, Sardinata

sur Ecopetrol, Tibú Norte de Santander.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar los procesos del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM para su mantenimiento.

Consultar la experiencia del personal de mantenimiento mecánico en el proceso de lubricación del compresor ARIEL JGM.

Formular los protocolos y el programa de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM.

V. ALCANCE Y LIMITACIONES

A. ALCANCE

El presente proyecto tiene como alcance en la empresa lograr el mejoramiento en el proceso de mantenimiento al sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM de la planta de gas Sardinata sur en la empresa Ecopetrol Tibú.

Su aplicación en la UAN se da en la formación del programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial.

B. LIMITACIONES

El trabajo de grado se ejecutó en Tibú (Norte de Santander) planta de gas Sardinata, en un término de 4 meses para finalizar el trabajo.

El desarrollo del trabajo de grado se limitó a la elaboración del protocolo de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Lubricación en un compresor

La función específica del sistema de lubricación en un compresor es evitar que las piezas se desgasten por fricción, creando una superficie entre las piezas que la ejercen; el aceite o lubricante se almacena en un

depositivo llamado carter; éste cierra el sistema por la parte inferior y se realimenta al proceso por un sistema de bombeo, el lubricante y su viscosidad influyen en el rendimiento del compresor, esto también depende de la eficiencia del sistema de lubricación.

La lubricación es de vital importancia para que el compresor funcione en forma óptima y por ese motivo requiere de un tratamiento especial en el buen funcionamiento y mantenimiento idóneo de todo el sistema. Todo compresor industrial tiene un enfriador de aceite y su temperatura máxima permitida es de 88°C (190°F); este sistema de enfriamiento depende de unas condiciones específicas que se deben tener en cuenta a la hora de su instalación en el monobloque del compresor y son las siguientes:

- La temperatura y caudal medio de enfriamiento.
- Temperatura y caudal del aceite lubricante.

El sistema de enfriamiento se debe instalar lo más cerca posible al compresor, con tubería del diámetro indicado por el fabricante y de esta forma para llevar al mínimo la caída de la presión del aceite lubricante en el medio de enfriamiento. El fabricante de los compresores ARIEL JGM recomienda instalar una válvula termostática para realizar el control de la mezcla del aceite caliente con el aceite de retorno enfriado; la diferencia de presión entre la tubería de aceite caliente y la tubería del aceite de retorno frío debe estar en 0.7 bar (10 psi). (Manual técnico de ARIEL).

B. Presión

La presión es una variable crítica en un sistema de lubricación; se debe tener en cuenta en el aceite lubricante que circula desde la bomba hasta que llegue a los puntos de lubricación; este valor de presión debe ser la precisa de tal forma que el lubricante entre a todos los puntos a lubricar, no es conveniente que el valor de la presión se

sobredimensione ya que puede ocasionar depósitos de carbón en los cilindros y válvulas; la presión del sistema de lubricación se debe monitorear en todo momento ya sea en forma local o remota instalando manómetros para su medida y sistemas de alarma que indiquen cuándo es insuficiente y de esta forma detener el equipo ya que se pueden ocasionar averías graves.

C. Sistemas de lubricación

Se llama sistema de lubricación a los diferentes métodos utilizados para realizar el proceso de lubricación en motores de combustión o compresores; entre los más comunes se tienen:

Salpicadura. Esta clase de lubricación es utilizada en reductores los cuales son sistemas sellados, siendo un método de lubricación económico y simple en su funcionamiento. Se basa en llenar el tanque del sistema, manteniendo el nivel de aceite idóneo de forma tal que todas las superficies se mantengan lubricadas a la frecuencia a la cual funciona el mecanismo. Se debe tener en cuenta que si baja el nivel de aceite se presenta una fricción sólida y esto en un corto plazo presenta un fuerte desgaste en los mecanismos, por esto es importante mantener el visor de aceite siempre limpio y reconocible.

En compresores sellados se realiza el proceso de enfriamiento y lubricación con la distribución del aceite hacia las partes críticas como: cojinetes de la biela, pernos y bujes de la biela, pistones, anillos y camisas.

Figura 2. Lubricación por salpicadura

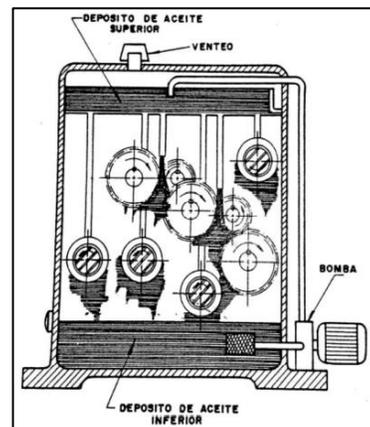


Fuente: <https://sites.google.com/site/stmalubricacionmelendez21020/>.

Lubricación por circulación. Es uno de los métodos de lubricación considerado más efectivo, porque lubrica las superficies que entran en contacto evitando su desgaste y a su vez refrigerarlas, impidiendo de esta forma que la temperatura se incremente en el sistema, evadiendo fallas en los elementos mecánicos. Estos se pueden clasificar en:

Por gravedad. Su funcionamiento se da por la acción de una bomba de aceite que lleva el lubricante por la tubería ubicándolo en forma estratégica sobre los mecanismos para cubrirlos con el aceite; una vez se realiza la lubricación el aceite baja de nuevo al depósito por gravedad y se repite el ciclo de lubricación en forma indefinida.

Figura 3 . Lubricación por gravedad



Fuente: Albarracín Aguilón Pedro Ramón. Tribología y Lubricación industrial y Automotriz.

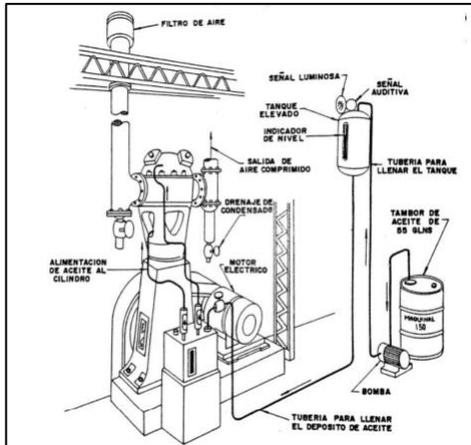
Sistema a presión. Es uno de los más usados en los compresores industriales; es un sistema perfeccionado para que el aceite llegue con presión a todos los puntos de fricción. Está compuesto por:

- Depósito de aceite
- Bomba de distribución del aceite a los mecanismos que requieren lubricación. Enfriador
- Filtro de aceite
- Regulador de flujo
- Red de tuberías encargada de distribuir el aceite

- Boquillas de atomización del aceite.
- Tubería de retorno
- Válvula de seguridad.

Su uso se da en equipos que requieren lubricación usando altas cantidades de aceite y el control de la temperatura de trabajo.

Figura 4. Lubricación por circulación de presión



Fuente: Albarracín Aguilón Pedro Ramón. Tribología y Lubricación industrial y Automotriz.

VII. METODOLOGIA

Tipo de investigación. El enfoque y los resultados del presente trabajo se describen como un proyecto de investigación tecnológica aplicada, que busca la utilización o aplicación de conocimientos desde un área específica para dar solución a un problema determinado en la empresa.

Plan de trabajo. El marco estratégico para el desarrollo del proyecto se fundamentó en el análisis y aplicación de los datos técnicos recopilados en el trabajo de campo realizado el cual permitió aprender acerca de los diferentes parámetros, procesos y tecnologías utilizadas en los protocolos de mantenimiento de sistemas de lubricación en compresores industriales utilizados en la explotación de gas natural. De acuerdo con el planteamiento anterior se utilizó una metodología de desarrollo de actividades para alcanzar los objetivos propuestos con fundamentación en

el marco teórico, recolectando y analizando la información por medio de las actividades propuestas en las siguientes etapas que corresponden a cada uno de los objetivos propuestos.

Etapas 1. Analizar los procesos del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM para su mantenimiento.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Efectuar el estudio de los procesos de mantenimiento en el sistema de lubricación del compresor de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Observar y detallar las condiciones óptimas de seguridad personal, del medio ambiente y los equipos para cualquier actividad de operación y mantenimiento en el sistema de lubricación del compresor.

Etapas 2. Consultar la experiencia del personal de mantenimiento mecánico en el proceso de lubricación del compresor ARIEL JGM.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Realizar una encuesta para determinar procesos que con la experiencia de los técnicos de mantenimiento determine las tareas críticas donde se manejan altas presiones, en los sistemas de lubricación del compresor.

Etapas 3. Formular los protocolos y el programa de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM.

Para el alcance del objetivo propuesto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Realizar el diseño del protocolo siguiendo las recomendaciones establecidas por el fabricante y las políticas de seguridad de la empresa para

el mantenimiento del sistema de lubricación en el compresor.

- Fijar la normativa de seguridad personal y ambiental establecida por la empresa de acuerdo con normas nacionales e internacionales para el mantenimiento del sistema de lubricación en el compresor.

VIII. RESULTADOS OBTENIDOS

Etapas 1. Analizar los procesos del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM para su mantenimiento.

Para alcanzar este objetivo se realizó un estudio del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM, con el propósito de analizar los procedimientos que se ejecutan en la empresa para el mantenimiento en el sistema de lubricación del mismo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, observando las condiciones óptimas de seguridad, conservación del medio ambiente y el cuidado de los equipos; estos procedimientos son el itinerario para el desarrollo de los protocolos del sistema de lubricación.

Estructura General del Compresor Ariel JGM.

El compresor ARIEL está diseñado de tal forma que facilita su óptimo funcionamiento y un mantenimiento accesible por parte del personal técnico de la empresa, siempre y cuando se ejecuten las instrucciones de puesta en marcha, operación y mantenimiento preventivo entregadas por el paquetizador o homólogo de la empresa ARIEL en la zona de distribución. Por lo tanto, se requiere que los operadores tengan un amplio conocimiento de los procesos y se soporten en un protocolo que esté diseñado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El compresor ARIEL es de tipo recíprocante, con desplazamiento positivo siendo esta característica de gran utilidad debido a que hace que el compresor posea mayor flexibilidad operacional, maneja menores

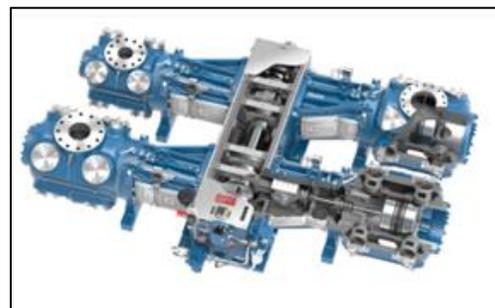
flujos de gas y alcanza altas presiones. La compresión se logra por el desplazamiento de los pistones que se mueven en forma lineal y secuencial de atrás hacia adelante dentro de los cilindros; esta característica reduce el volumen del cilindro donde se deposita el gas, este efecto produce un incremento en la presión alcanzando el valor de la presión de descarga y de esta forma descarga la presión del fluido por medio de la válvula de salida del cilindro.

Una característica importante en este diseño de compresor es que se puede modificar para que se adapte cualquier condición en la producción; estas modificaciones consisten en cambios graduales por ejemplo un cambio en la velocidad de giro o variación del diámetro del pistón ajustándose fácilmente a las nuevas condiciones de producción.

Estos compresores son de tipo multietapas, es decir poseen varias etapas de compresión y de esta forma se logra un incremento progresivo de la presión hasta que ésta alcanza el valor requerido en la operación; el número de etapas se limita a máximo 6; esto permite que tenga como ventaja las siguientes características:

- Alta flexibilidad en la capacidad de flujo
- Flexibilidad en el rango de presiones
- Maneja bajos volúmenes de gas
- Presenta temperaturas bajas en condiciones normales
- Alcanza altas presiones.

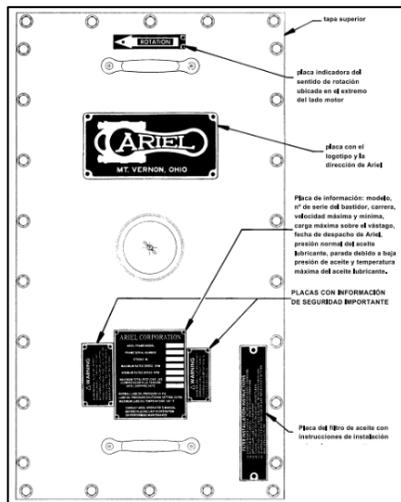
Figura 5. Compresor ARIEL



Fuente: Manual técnico de ARIEL.

Placas de información. El primer paso que debe conocer el operador y personal de mantenimiento es saber leer la información pertinente a la seguridad del equipo y de las personas que lo operan; esta información está en las placas de seguridad. Las placas también son importantes a la hora de un mantenimiento correctivo si se necesita pedir piezas para reemplazo o consultar un problema específico al personal técnico de ARIEL; se debe conocer su ubicación exacta y saber leer la información de cada una. En la figura 5 y Anexo A se puede observar la información y características generales del equipo en cada placa de acuerdo con su ubicación.

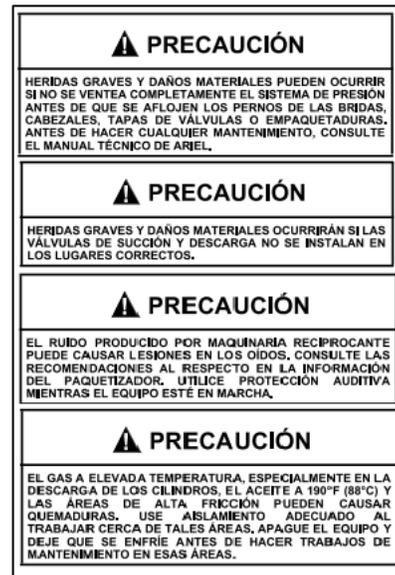
Figura 6. Placas de seguridad e información



Fuente: Manual técnico de ARIEL.

Riesgos del personal y control de seguridad y salud en el trabajo. Al iniciar cualquier actividad de mantenimiento en los equipos compresores de la planta tenga en cuenta la siguiente observación. Leer las placas de peligro y precauciones que se deben tener al operar o realizar una labor de mantenimiento en el equipo. En la figura 6 Anexo B se pueden leer las señales de precaución y los peligros a que se expone el operador o personal de mantenimiento si se exceden los límites de operación permitidos e indicados en las placas de información.

Figura 7. Placas de Precaución



Fuente: Manual técnico de ARIEL

Lubricación y Ventilación

El funcionamiento y rendimiento óptimo de un compresor ARIEL JGM depende de una correcta lubricación y por ello se requiere prestar especial atención en el mantenimiento preventivo del conjunto de lubricación. En general el compresor consta de dos sistemas independientes para su lubricación; el sistema de aceite del bastidor y el sistema de alimentación forzada.

Sistema de aceite del bastidor. Es un sistema de circulación presurizado que suministra aceite hacia el cigüeñal, las bielas y las crucetas.

Sistema de alimentación forzada. Es un sistema de inyección de alta presión que suministra pequeñas cantidades de aceite a las empaquetaduras del vástago del pistón y los anillos de pistón.

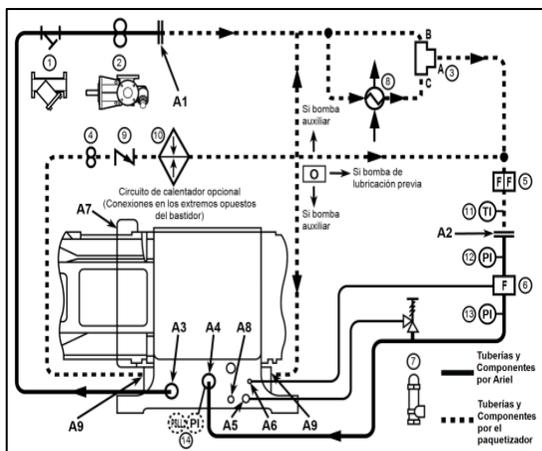
Funciones del sistema de lubricación

- **Reduce la fricción:** Disminuyendo el consumo de energía y la generación de calor.
- **Reduce el desgaste:** Aumentando la

vida útil del equipo y disminuye los costos de mantenimiento.

- **Elimina el calor del sistema:** Enfriando las partes móviles y mantiene los huelgos de funcionamiento.
- **Evita la corrosión:** Generalmente, está suministrado por aditivos y no por la base lubricante.
- **Sella y reduce la acumulación de contaminantes:** Mejora el sellado del gas en los anillos de pistón y de empaquetadura, purgando los contaminantes de las partes móviles.
- **Amortiguación de golpes.** Reduce la vibración y los ruidos aumentando la vida útil del componente.

Figura 8. Componentes del sistema de aceite del bastidor



Fuente: Manual técnico de ARIEL

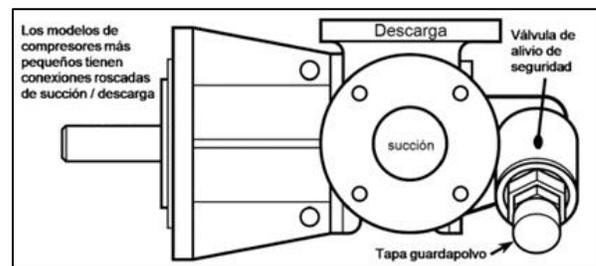
En la figura 7 se puede observar los componentes del sistema del bastidor de aceite; en el Anexo D está la descripción de cada uno de los componentes numerados en la gráfica.

Filtro de aceite. El filtro de aceite instalado aguas arriba de la bomba de aceite evita que contaminantes o partículas ingresen a la bomba y la dañen. El proveedor o paquetizador de Ariel suministra una rejilla de malla de 30 (595 micrómetros) o malla de 40 (400 micrómetros); para determinar cuál usar se debe revisar el manual de instalación de

acuerdo con el modelo. Está ubicada en el extremo auxiliar del cárter bajo el nivel de aceite. Para bastidores de sumidero seco, el filtro de lubricación no se envía instalado de la fábrica. El paquetizador o instalador lo instala en la tubería posteriormente en el momento de puesta en marcha.

Bomba de aceite y válvula reguladora. La bomba de aceite suministra aceite constantemente a las superficies deslizantes de crucetas, bujes y cojinetes. El cigüeñal la acciona mediante una cadena y una rueda dentada para proporcionar un flujo de aceite adecuado a los cojinetes cuando el compresor funciona a la velocidad nominal mínima (por lo general, la mitad de la velocidad nominal máxima).

Figura 9. Bomba de lubricación



Fuente: Manual técnico de ARIEL

Bomba auxiliar del sistema de lubricación del bastidor

Cuando el funcionamiento del compresor está por debajo de la mitad de la velocidad de funcionamiento del bastidor se requiere una bomba auxiliar del sistema de lubricación del bastidor para mantener la presión del lubricante. El tamaño de la bomba auxiliar debe ser al menos del 25% del caudal nominal a 60 psig conforme a lo recomendado por el fabricante en las hojas de datos del bastidor. Las tuberías de la bomba auxiliar lubricante deben ser paralelas a las tuberías de la bomba principal del sistema de lubricación e incluir una válvula de alivio de presión ajustable. La válvula de alivio debe estabilizar el flujo de la bomba auxiliar en caso de que se produzca un bloqueo aguas abajo.

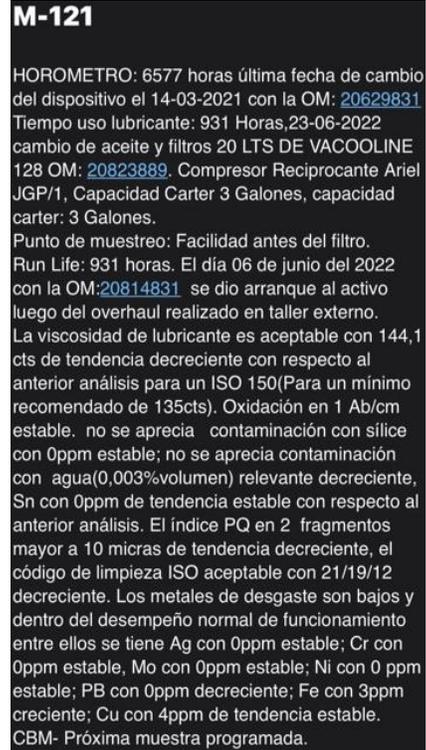
Monitor de flujo temporizado DNFT. Es un temporizador electrónico programable basado en un sensor que se encarga de detectar la presencia o ausencia de flujo y su velocidad en sistemas de lubricación progresiva en línea. Internamente el microprocesador tiene incorporado un reloj cuya base de tiempo está soportada por un oscilador a cristal, permitiendo una óptima operación del sistema al monitorear con precisión el tiempo de ciclo y rendimiento del sistema de lubricación; otra función relevante es que puede cronometrar con exactitud la alarma de falla o el apagado del compresor si fuese necesario.

Pruebas y análisis del muestreo del aceite. En el bastidor del compresor, el fabricante Ariel recomienda el aceite mineral parafínico grado ISO 150 que proporciona protección contra la oxidación, la herrumbre y la corrosión, además de propiedades anti-desgaste; normalmente llamado aceite R&O. El aceite de motor de peso SAE 40 también es aceptable, pero contiene muchos aditivos innecesarios.

Rutinariamente se realizan pruebas y análisis del estado del aceite, en el cuarto de control hay un horómetro que indica el tiempo de uso del lubricante en número de horas, la fecha de cambio de filtros y aceite, el tipo de aceite, punto de muestreo y aparece en pantalla el informe de comparación de la viscosidad del lubricante y su comparación con la prueba anterior, indicando todos los parámetros que se requieren para determinar el estado del lubricante.

En la figura 9 se puede observar toda la información de la prueba de calidad realizada por un agente externo a la empresa.

Figura 10. Horómetro M-121



M-121
HOROMETRO: 6577 horas última fecha de cambio del dispositivo el 14-03-2021 con la OM: [20629831](#)
Tiempo uso lubricante: 931 Horas, 23-06-2022
cambio de aceite y filtros 20 LTS DE VACOOLINE
128 OM: [20823889](#). Compresor Reciprocante Ariel JGP/1, Capacidad Carter 3 Galones, capacidad carter: 3 Galones.
Punto de muestreo: Facilidad antes del filtro.
Run Life: 931 horas. El día 06 de junio del 2022 con la OM: [20814831](#) se dio arranque al activo luego del overhaul realizado en taller externo.
La viscosidad de lubricante es aceptable con 144,1 cts de tendencia decreciente con respecto al anterior análisis para un ISO 150 (Para un mínimo recomendado de 135cts). Oxidación en 1 Ab/cm estable. no se aprecia contaminación con sílice con 0ppm estable; no se aprecia contaminación con agua (0,003% volumen) relevante decreciente, Sn con 0ppm de tendencia estable con respecto al anterior análisis. El índice PQ en 2 fragmentos mayor a 10 micras de tendencia decreciente, el código de limpieza ISO aceptable con 21/19/12 decreciente. Los metales de desgaste son bajos y dentro del desempeño normal de funcionamiento entre ellos se tiene Ag con 0ppm estable; Cr con 0ppm estable, Mo con 0ppm estable; Ni con 0 ppm estable; PB con 0ppm decreciente; Fe con 3ppm creciente; Cu con 4ppm de tendencia estable.
CBM- Próxima muestra programada.

Fuente: Autor Pantallazo Cuarto de control

La empresa externa que realiza las pruebas está en la ciudad de Cúcuta se llama Mobil service lubricant analysis. En el Anexo E se puede leer todo el informe técnico de la prueba del aceite realizado por esta empresa. Ver Anexo E.

Resultados obtenidos de la Etapa 1

Después de realizar el estudio detallado del compresor y su sistema de lubricación, se obtuvo procedimiento general para realizar el mantenimiento preventivo en el sistema de lubricación; este quedó plasmado en un diagrama de flujo de acuerdo con los pasos e indicaciones tomadas del manual del fabricante, formatos existentes y las recomendaciones de supervisores y personal técnico. Ver Anexo F. Diagrama de flujo.

Las siguientes recomendaciones fueron expresadas por el personal de experiencia como una acción crítica para la seguridad del

personal y que se debe tener en cuenta.

- Descargar totalmente la presión del sistema, antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento.
- Se debe consultar primero las indicaciones del fabricante.
- Es prioritario el uso adecuado de los elementos EPP elementos de protección personal.
- Al final de la actividad se debe cerrar con la limpieza teniendo en cuenta el kit antiderrame para no dejar residuos de aceites o lubricantes en el área de operación.
- Importante realizar pruebas de arranque y revisiones después del mantenimiento, para verificar que todo esté en óptimas condiciones de operación del equipo.

Etapa 2. Consultar la experiencia del personal de mantenimiento mecánico en el proceso de lubricación del compresor ARIEL JGM.

Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo una encuesta para determinar procesos donde la experiencia de los técnicos de mantenimiento determina tareas críticas por las altas presiones que se manejan en los sistemas de lubricación del compresor.

Se elaboró un formulario tipo Google y se envió al celular de cada uno de los técnicos e ingenieros de la empresa para su desarrollo.

Los resultados fueron los siguientes:

Se realizó la encuesta con un formulario de Google al personal de planta que opera los equipos en diferentes labores.

El formato es el siguiente:

En la figura 10 está definido la carátula del formato utilizado para la encuesta.

Figura 11. Caratula del formato para la encuesta



Fuente: Autor formato Google.

El personal que participó en la encuesta, todos desempeñan labores técnicas que tienen que ver con el grupo de compresores que posee la empresa para su operación de transporte de gas natural de Tibú a la estación de sardinata.

Cuadro 1. Personal que participó en la encuesta

Nombres Y Apellidos
Gilberto polo arguello
Alexander Vargas Jaimes
Luis Alfredo Hernández Contreras
Hender Fabian Parra Nieto
Gabriel Ángel quintero ropero
Fabio Sánchez
Luis Eduardo peñaranda quintero
Julio cesar Pabón Ortiz

Fuente: Autor

Respuesta a las preguntas formuladas:

Pregunta 1: Conoce el sistema de lubricación del compresor ARIEL.

Figura 12. Pregunta 1



Fuente: Autor formato Google.

Las ocho personas contestaron que si, lo cual indica que el personal tiene conocimiento técnico del compresor.

Pregunta 2: Si su cargo tiene funciones técnicas responda en qué área de las siguientes se desempeña.

Figura 13. Pregunta 2



Fuente: Autor formato Google.

Las 8 personas se desempeñan en cargos distribuidos así:

- Técnico mecánico 50%.
- Profesional CBM 12.5%.
- Técnico electricista 12.5%
- Supervisor mecánico 12.5%.
- Técnico instrumentista 12.5%

Esta estadística indica que un alto porcentaje de los encuestados tiene conocimiento directo del funcionamiento del sistema de lubricación y su aporte va a ser importante en el desarrollo del protocolo.

Enuncie brevemente las funciones que desempeña en su trabajo.

Tabla 2. Funciones de cada trabajador

Monitoreo de vibraciones	Análisis de aceite
Mantenimiento preventivo y correctivos a los equipos	
Mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos.	
Mantenimiento preventivo y correctivo a Equipos	Reparación de equipos
Instalación de repuestos a equipos	
Operador	
Mantenimiento preventivo y correctivo	
Mecánico	
Vigilo la correcta aplicación de los procedimientos de mantenimiento a equipos rotativos y reciprocantes.	

Fuente: Autor.

Las funciones enunciadas de cada trabajador indican que en un alto porcentaje todos están directamente involucrados con el mantenimiento de los equipos de compresión, por lo tanto, su aporte y opinión se tuvo en cuenta en el momento de confrontar el procedimiento generado en la etapa 1.

Pregunta 4: ¿Alguna vez ha estado realizando la labor de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL?

Figura 14. Pregunta 4

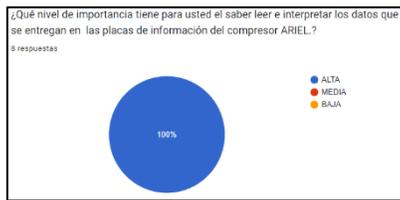


Fuente: Autor formato Google.

El 100% e los encuestados han participado en las labores de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL.

Pregunta 5: ¿Qué nivel de importancia tiene para usted el saber leer e interpretar los datos que se entregan en las placas de información del compresor ARIEL?

Figura 15. Pregunta 5

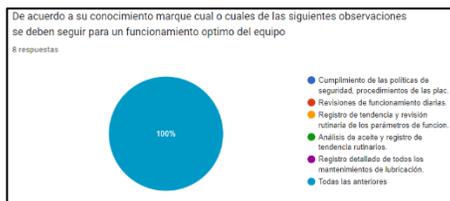


Fuente: Autor formato Google.

El 100% está de acuerdo que el nivel de importancia es alto, respecto al saber leer la información que está de las placas de los equipos y es vital para la seguridad personal del equipo y la parte ambiental.

Pregunta 7: De acuerdo con su conocimiento marque cuál o cuáles de las siguientes observaciones se deben seguir para un funcionamiento óptimo del equipo.

Figura 16. Pregunta 7



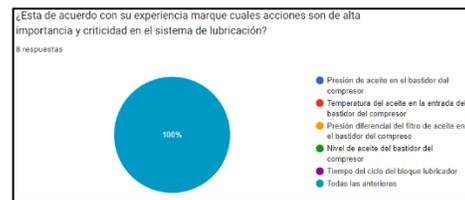
Fuente: Autor formato Google.

El 100% de los encuestados determino todas las anteriores, es decir todas se deben tener en cuenta:

- Cumplimiento de las políticas de seguridad, procedimientos de las placas de advertencia de los equipos.
- Revisiones de funcionamiento diarias.
- Registro de tendencia y revisión rutinaria de los parámetros de funcionamiento.
- Análisis de aceite y registro de tendencia rutinarios.
- Registro detallado de todos los mantenimientos de lubricación.

Pregunta 8: De acuerdo con su experiencia, marque cuáles acciones son de alta importancia y criticidad en el sistema de lubricación.

Figura 17. Pregunta 8



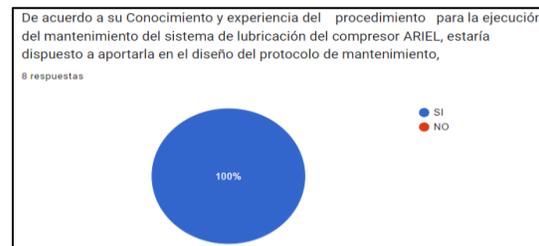
Fuente: Autor formato Google.

El 100% indicó todas las anteriores; éstas se tuvieron en cuenta para el desarrollo del protocolo:

- Presión de aceite en el bastidor del compresor.
- Temperatura del aceite en la entrada del bastidor del compresor.
- Presión diferencial del filtro de aceite en el bastidor del compresor.
- Nivel de aceite del bastidor del compresor.
- Tiempo del ciclo del bloque lubricador.

Pregunta 9: De acuerdo con su conocimiento y experiencia del procedimiento para la ejecución del mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL, estaría dispuesto a aportarla en el diseño del protocolo de mantenimiento.

Figura 18. Pregunta 9



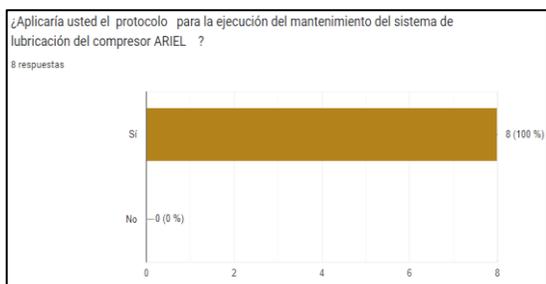
Fuente: Autor formato Google.

El 100% estuvo dispuesto para aportar su

conocimiento y experiencia en el desarrollo del protocolo.

Pregunta 10: ¿Aplicaría usted el protocolo para la ejecución del mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL?

Figura 19. Pregunta 10



Fuente: Autor formato Google.

El 100% contestó que aplicaría el protocolo para realizar la labor de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL.

Resultados obtenidos en la etapa 2.

Después de realizar la encuesta se elaboró un trabajo de campo con el personal donde se presentó el diagrama de flujo establecido para realizar el mantenimiento preventivo en el sistema de lubricación y se encontró una gran aceptación dando como resultado un cuadro con los procedimientos para realizar el mantenimiento preventivo no solo de compresores con motor eléctrico sino conjuntamente con los de combustión a gas; los pasos se tomaron de acuerdo a las indicaciones del fabricante y la experiencia del todo el personal involucrado en la encuesta. Ver Anexo F.

Etapa 3. Formular los protocolos y el programa de mantenimiento del sistema de lubricación del compresor ARIEL JGM.

Siguiendo lo planteado en el diagrama de flujo y las acotaciones de personal técnico se elaboró el protocolo de mantenimiento del

sistema de lubricación. Ver resultados obtenidos en el Anexo G.

IX. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo del protocolo de mantenimiento para el sistema de lubricación del compresor ARIEL, cumplió con los objetivos propuestos y las expectativas creadas por mis compañeros de trabajo en la empresa, ya que se logró proyectar el conocimiento adquirido en mi formación como Tecnólogo Electromecánico de Mantenimiento Industrial a través del documento final que fue de plena aceptación en la empresa.

En el desarrollo del trabajo apliqué el conocimiento teórico y la experiencia adquirida durante estos años de trabajo en la empresa específicamente en la planta de gas realizando labores de mantenimiento mecánico.

Obtuve un aprendizaje en el área técnica conociendo el manejo de manuales y fichas técnicas de equipos y herramienta especializada, en el área administrativa la metodología para el desarrollo de formatos e instructivos y finalmente una reinducción en el manejo de la normativa ambiental y de SST.

X. RECOMENDACIONES

Recomiendo especialmente a la empresa que implemente el protocolo como una prueba experimental dentro del proceso de mantenimiento a los sistemas de lubricación de los compresores ARIEL.

Es de vital importancia que la Universidad Antonio Nariño, siga con su apoyo incondicional a estos proyectos ya que la relación universidad-industria siempre genera soluciones a problemáticas que se presentan en los procesos industriales.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Albarracín Aguilón Pedro Ramón .Tribología y Lubricación industrial y Automotriz. Tomo 1. Cuarta Edición. Ingenieros de Lubricación LTDA.

Aparco Cuchula Heber. Análisis de fallas funcionales del sistema motocompresor de planta de gas aguaytía. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Comisión de regulación de energía y Gas CREG (2018). Resolución 030 del 2018.

Guacaneme Ubaque, Adolfo Enrique. Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo al compresor de aire doble tornillo humedecido de la empresa los coches Mega centro de servicios. Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Martínez B, Rigoberto. (2004). Manual de procedimientos. Elaboración – Implementación – Mejoramiento Continuo. S. /: Corporación Colombiana de Organización y Métodos “O & M COLOMBIA.

Manuales técnicos de la Empresa Ecopetrol Planta de Gas Sardinata Tibu Norte de Santander.

Norma API 11P. (1989). Segunda edición, párrafo 1.10.4, párrafo 1.10.5, párrafo 2.5.1.1, noviembre.

Norma Técnica Colombiana de gas natural (GN), y los gases licuados del petróleo (GLP). NTC2505.

NTC 2050. Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas RETIE.

XII. TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Compresor ARIEL planta Tibú	4
Figura 2. Lubricación por salpicadura	6
Figura 3 . Lubricación por gravedad	6
Figura 4. Lubricación por circulación de presión	7
Figura 5. Compresor ARIEL	8
Figura 6. Placas de seguridad e información	9
Figura 7. Placas de Precaución	9
Figura 8. Componentes del sistema de aceite del bastidor	10
Figura 9. Bomba de lubricación	10
Figura 10. Horómetro M-121	11
Figura 11. Caratula del formato para la encuesta	12
Figura 12. Pregunta 1	13
Figura 13. Pregunta 2	13
Figura 14. Pregunta 4	13
Figura 15. Pregunta 5	14
Figura 16. Pregunta 7	14
Figura 17. Pregunta 8	14
Figura 18. Pregunta 9	14
Figura 19. Pregunta 10	15

ANEXOS

ANEXO A. Información sobre el Producto y Placas de Seguridad

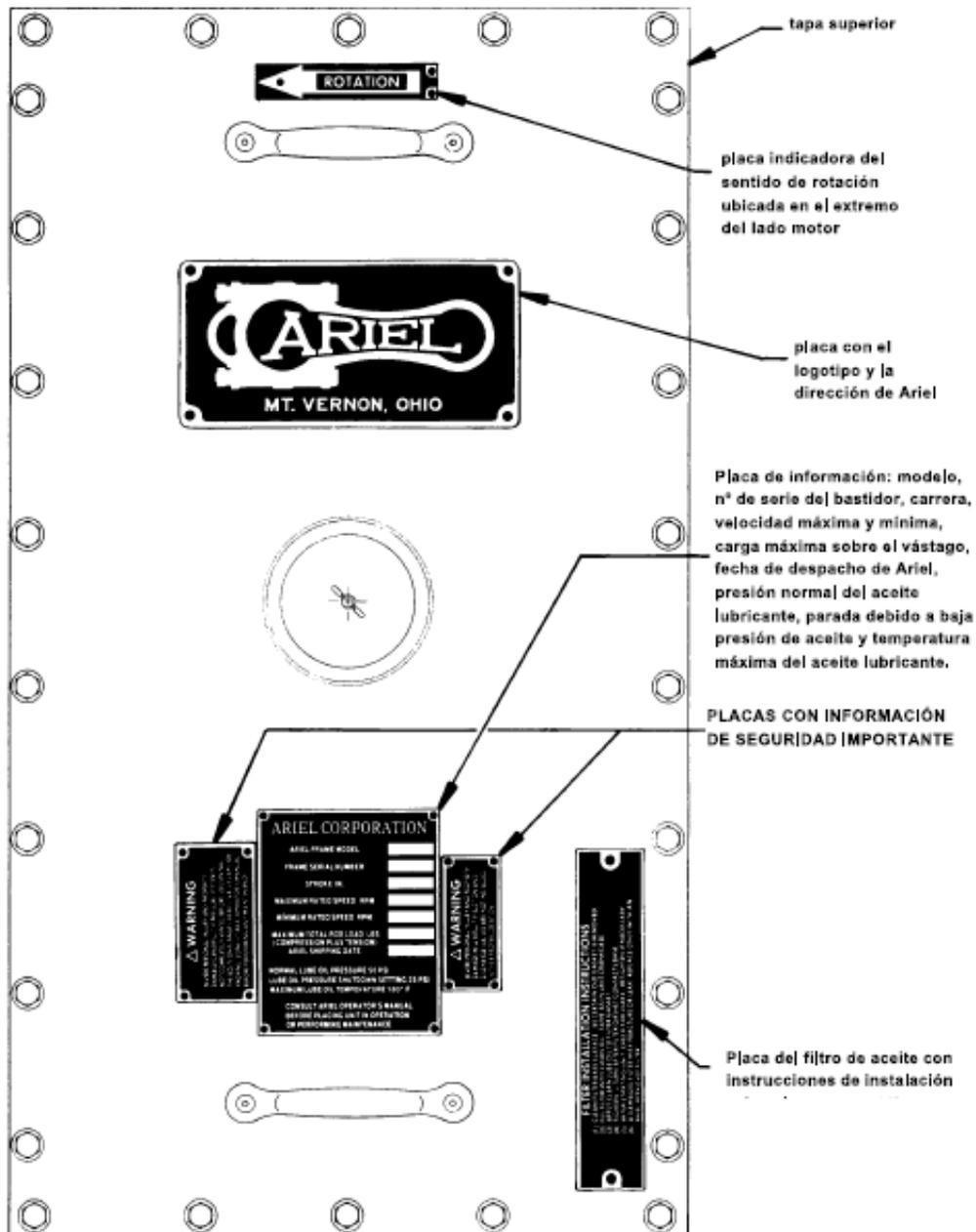


FIGURA TAPA SUPERIOR

ANEXO B. Información de Seguridad

PRECAUCIÓN

HERIDAS GRAVES Y DAÑOS MATERIALES PUEDEN OCURRIR SI NO SE VENEA COMPLETAMENTE EL SISTEMA DE PRESIÓN ANTES DE QUE SE AFLOJEN LOS PERNOS DE LAS BRIDAS, CABEZALES, TAPAS DE VÁLVULAS O EMPAQUETADURAS. ANTES DE HACER CUALQUIER MANTENIMIENTO, CONSULTE EL MANUAL TÉCNICO DE ARIEL.

PRECAUCIÓN

HERIDAS GRAVES Y DAÑOS MATERIALES OCURRIRÁN SI LAS VÁLVULAS DE SUCCIÓN Y DESCARGA NO SE INSTALAN EN LOS LUGARES CORRECTOS.

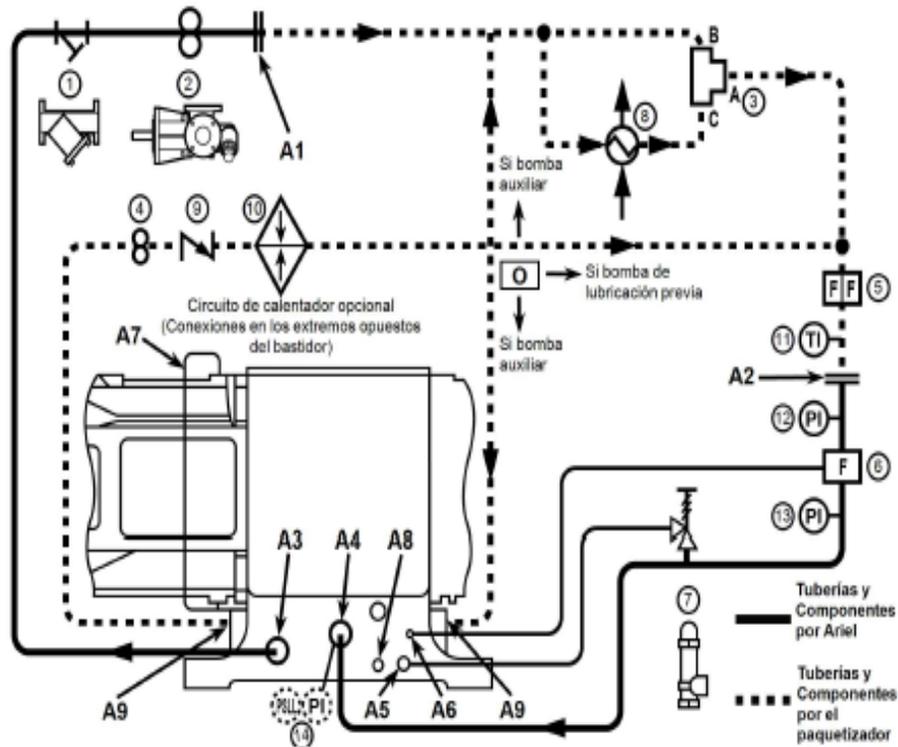
PRECAUCIÓN

EL RUIDO PRODUCIDO POR MAQUINARIA RECIPROCANTE PUEDE CAUSAR LESIONES EN LOS OÍDOS. CONSULTE LAS RECOMENDACIONES AL RESPECTO EN LA INFORMACIÓN DEL PAQUETIZADOR. UTILICE PROTECCIÓN AUDITIVA MIENTRAS EL EQUIPO ESTÉ EN MARCHA.

PRECAUCIÓN

EL GAS A ELEVADA TEMPERATURA, ESPECIALMENTE EN LA DESCARGA DE LOS CILINDROS, EL ACEÍTE A 190°F (88°C) Y LAS ÁREAS DE ALTA FRICCIÓN PUEDEN CAUSAR QUEMADURAS. USE AISLAMIENTO ADECUADO AL TRABAJAR CERCA DE TALES ÁREAS. APAGUE EL EQUIPO Y DEJE QUE SE ENFRÍE ANTES DE HACER TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN ESAS ÁREAS.

Anexo D. Componentes del sistema de aceite del bastidor



Conexiones de aceite (consulte el plano de Ariel para obtener información más detallada)

- A1** Conexión del paquetizador desde la bomba de aceite
- A2** Conexión del paquetizador hacia el filtro de aceite
- A3** Conexión de aceite desde el cárter del compresor (sumidero de aceite)
- A4** Conexión de entrada de aceite lubricante del compresor hacia la galería. El aceite circula hacia los cojinetes de bancada del cigüeñal, los cojinetes de bielas, los pasadores de cruceta y los bujes de cruceta.
- A5** Conexión de retorno de la válvula reguladora de presión hacia el sumidero de aceite (cuando corresponda)
- A6** Conexión de retorno del venteo del filtro hacia el sumidero de aceite (cuando corresponda en algunos modelos)
- A7** Conexiones de tuberías de aceite desde la galería principal hacia la parte superior e inferior de las guías de cruceta para lubricar las crucetas.
- A8** Drenaje de aceite del cárter del compresor (drenaje del sumidero de aceite)
- A9** Conexiones de pre lubricación/ recirculación/ calentador (4)

Componentes del sistema

1. Filtro en Y
2. Bomba de aceite accionada por compresor (con válvula de alivio de seguridad para regulación de la presión o en modelos con válvula de regulación separada (7), para alivio)
3. Válvula termostática de control, clasificación nominal requerida 170°F (77°C)
4. Bomba de aceite de prelubricación requerida, (se presenta con circuito de calentamiento de aceite, cuando corresponda) o bomba auxiliar.
5. Filtro de aceite doble opcional
6. Filtro de aceite
7. Válvula reguladora de presión con retorno de sobreflujo hacia el sumidero de aceite (sólo Z:U:B:V)
8. Enfriador de aceite: Requerido
9. Válvula de retención
10. Calentador (cuando corresponda).
11. Indicador de temperatura
12. Indicador de presión (lado sucio)
13. Indicador de presión (lado limpio)
14. Conexión de paro/indicador de presión

FIGURA Esquema de lubricación del bastidor estándar

Anexo E. Pruebas y Análisis de Aceite



Normal

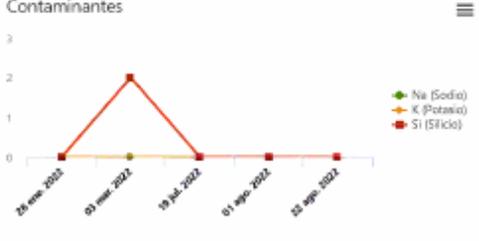
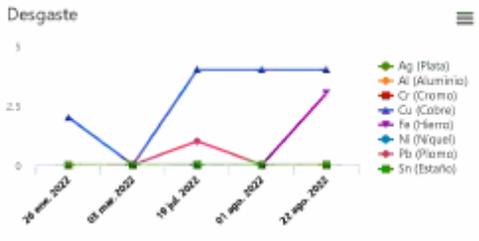
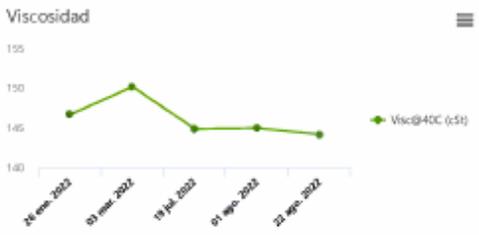
ID de la unidad: **TSARCG0003** ID del activo: **50427660**

Descripción: **Unid. De Compresion De Venta #1 M-121**

Información de la cuenta	Información de la Muestra	Información sobre equipo
@ID: 419196	ID de la Muestra: BO2248829320	Clase de Activo: Compresor
Nombre: ECOPETROL CAMPO TIBU TERPEL	Nivel de servicio: Mejorado	Fabricante: ARIEL
Dirección: Calle 16 N° 24-33 Villas de comfanorte, la libertad.	Identificación de la botella: b065904128	Modelo: JGM, JGP SERIES
Cúcuta, norte de Santander, , CO	Lubricante de la Prueba: VACUOLINE 128 ISO 150	Lubricante: VACUOLINE 128 ISO 150
Cuenta de los padres: COPEC		

Tendencias y datos de muestra

Estado del Reporte	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
ID de la Muestra	BO2099712333	BO2069342308	BO2213424322	BO2223551308	BO2248829320
Nivel de servicio	Mejorado	Mejorado	Mejorado	Mejorado	Mejorado
Identificación de la botella	b062216564	b062217175	b065902291	b065902512	b065904128
Lubricante de la Prueba	Turbina ISO 150	Turbina ISO 150	VACUOLINE 128 ISO 150	VACUOLINE 128 ISO 150	VACUOLINE 128 ISO 150
Muestreada	26 ene. 2022	03 mar. 2022	19 jul. 2022	01 ago. 2022	22 ago. 2022
Reportado	09 feb. 2022	14 mar. 2022	03 ago. 2022	12 ago. 2022	06 sep. 2022
Edad del equipo	5230	5499	5838	6073	6577
Unidad de Medida del Equipo	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Edad del aceite	14671	14940	192	427	931
Unidad de Medida del Aceite	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Volumen de relleno					
Aceite cambiado			SI		
Filtro cambiado			SI		
Clasificación de Contaminación	No mal	Normal	Normal	Normal	Normal
Clasificación de Equipo	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Estado del fabricante	No mal	Normal	Normal	Normal	Normal
Código de ISO diluido (4/6/14)	21/19/16	20/17/13	22/19/14	21/19/14	21/17/12
Conteo de partículas (diluido) > 4um	17271	5020	22584	17320	11577
Conteo de partículas (diluido) > 6um	4446	1136	3787	4269	1198
Conteo de partículas (diluido) > 14um	581	69	94	122	25
Índice PQ	2	3	16	8	2
Visc@40C (cSt)	146.6	150.1	144.8	144.9	144.1
Oxidación (Ab/cm)	0				
@Oxidacion (Ab/cm)- no Ref			1	1	1
Agua (% Vol)	0.003	0.004	0.006	0.014	0.003
Indicador de refrigerante	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
Ag (Plata)	0	0	0	0	0
Al (Aluminio)	0	0	0	0	0
Cr (Cromo)	0	0	0	0	0
Cu (Cobre)	2	0	4	4	4
Fe (Hierro)	0	0	0	0	3
Mo (Molibdeno)	0	0	0	0	0
Ni (Níquel)	0	0	0	0	0
Pb (Plomo)	0	0	1	0	0
Sn (Estaño)	0	0	0	0	0
K (Potasio)	0	0	0	0	0
Na (Sodio)	0	0	0	0	0
Si (Silicio)	0	2	0	0	0
B (Boro)	0	0	0	0	0
Ba (Bario)	0	0	0	0	0
Ca (Calcio)	3	0	169	90	65
Mg (Magnesio)	0	0	1	0	0
P (Fósforo)	14	24	55	35	44
Zn (Zinc)	9	6	57	44	32



ID de la unidad: **TSARCG0003**

ID del activo: **50427660**

Descripción: **Unid. De Compresion De Venta #1 M-121**

@ID: **419196**

Nombre: **ECOPETROL CAMPO TIBU TERPEL**

Dirección: **Calle 16 N° 24-33 Villas de comfanorte, la libertad.**

Cúcuta, norte de Santander., CO

Cuenta de los padres: **COPEC**

ID de la Muestra: **BO2248829320**

Nivel de servicio: **Mejorado**

Identificación de la botella: **b065904128**

Lubricante de la Prueba: **VACUOLINE 128 ISO 150**

Clase de Activo: **Compresor**

Fabricante: **ARIEL**

Modelo: **JGM, JGP SERIES**

Lubricante: **VACUOLINE 128 ISO 150**

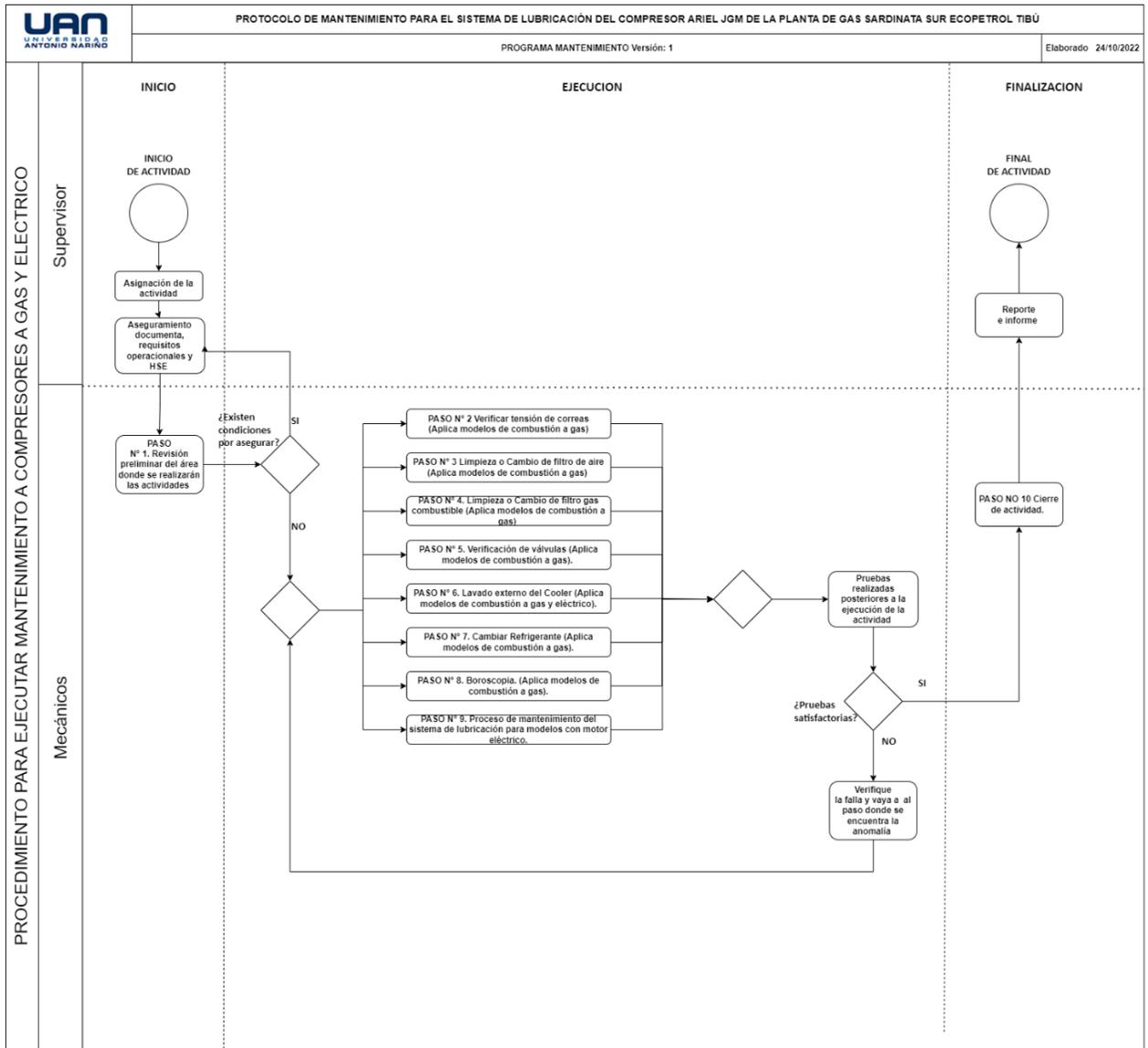
Recomendación y comentarios

NO SE REQUIEREN ACCIONES EN EL ACEITE O EQUIPO. Los resultados indican que todos los niveles se encuentran dentro de rangos aceptables. Examine cambios progresivos y resultados en busca de tendencias cambiantes. Retome la muestra en el próximo intervalo programado. Para mayor información contacte a su representante de ExxonMobil.

Sample Timeline

- [29 Aug 2022 5:26 PM - Gilberto Polo - In Service Oil Sample](#): Comments: Photo:

Anexo F. Diagrama de flujo protocolo de mantenimiento del sistema de lubricación compresores ARIEL a Gas y Eléctricos



Anexo G. Protocolo de Mantenimiento

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL COMPRESOR ARIEL JGM DE LA PLANTA DE GAS SARDINATA SUR ECOPELROL TIBÚ



Autor: HENDER FABIÁN PARRA NIETO Código: 23552016703

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Programa Académico: Tecnología en Mantenimiento Electromecánico
Universidad Antonio Nariño
Cúcuta*

e-mail institucional autor: hparra25@uan.edu.co

Director: CIRO ANTONIO CARVAJAL LABASTIDA
*Ingeniero Mecánico. M Sc.
e-mail institucional del director: ciro.carvajal@uan.edu.co*

CONTENIDO

1. OBJETO
2. ALCANCE
3. RESPONSABLES
4. DESCRIPCIÓN
 - 4.1 DESCRIPCIÓN CONDICIONES INICIALES.
 - 4.2 DESCRIPCIÓN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDAD
5. PRUEBAS REALIZADAS POSTERIORES A LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD
6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA
7. REALIZAR LA LISTA DE CHEQUEO DEL FABRICANTE PARA LA VERIFICACIÓN DE ARRANQUE.
 - 7.1 DIAGRAMA DE FLUJO

1. OBJETO

Establecer las actividades necesarias para ejecutar el mantenimiento de compresores ARIEL modelos eléctricos y a gas; considerando la seguridad personal de los técnicos que ejecutan esta labor lo mismo que la preservación física del compresor que se está interviniendo; con métodos orientados al cumplimiento de las normas y lineamientos en HSE, normas para la preservación del medio ambiente y las recomendaciones técnicas del fabricante de ARIEL

2. ALCANCE

El alcance de este protocolo hace referencia a la aplicación de los procedimientos para la ejecución de la rutina de mantenimiento de los compresores ARIEL. Este protocolo se diseñó como guía del personal técnico y supervisores que ejecutan las actividades de mantenimiento. Su finalidad es la entrega del equipo trabajando en la eficiencia requerida, a condiciones normales de trabajo especificadas en el manual del fabricante. El alcance incluye verificar el estado del equipo y prever posibles fallas en el sistema para evitar que sucedan en el futuro, fijando los controles requeridos para ejecutar la actividad analizando los peligros y riesgos existentes en el área de trabajo.

3. RESPONSABLES

- 3.1. RESPONSABLE POR EL MANTENIMIENTO DE ESTE PROCEDIMIENTO: Supervisor O & M.
- 3.2. RESPONSABLE POR EL CONTROL DE ESTE PROCEDIMIENTO: Coordinador Operativo
- 3.3. RESPONSABLE POR LA APLICACIÓN DE ESTE PROCEDIMIENTO: Todos los colaboradores del contrato que elabore las actividades.

4. DESCRIPCIÓN

El uso de los elementos de protección por parte del personal que interviene en la operación de mantenimiento es obligatorio. En la siguiente lista se establecen los elementos de protección personal que se deben usar para adelantar esta actividad y que cumplen con la normativa y control establecido para los riesgos que se presentan en esta área.

4.1. DESCRIPCIÓN CONDICIONES INICIALES.

Tabla 1. Elementos de protección Personal.

Tipo de protección	Elemento
Protección de la cabeza	Casco de seguridad, Clase E Tipo 1, que cumpla con norma ANSI Z 87.1
Protección de ojos	Gafas de seguridad (normal ANSI Z-87.1)
Protección de los oídos (si aplica)	Protectores auditivos tipo copa NTC 2272 ANSI Z 3.19 DE 1974, Protectores auditivos tipo tapón desechables NTC 2272 ANSI Z 3.19 DE 1974
Protección respiratoria (si aplica)	Protección contra partículas y aerosoles libres de aceite: OSHA 29 CFR19 10, CSA. Z94. 4-93, NIOSH N95, OSHA 29 CFR 1910.134, Protector contra partículas toxicas: OSHA 29 CFR1910, CSA. Z94. 4-93, NIOSH P95, Protector contra Vapores Orgánicos: NIOSH 42CFR84, NIOSH P100.
Protección a manos	Guantes de vaqueta para trabajos en frio; Guantes de precisión.
Protección en el cuerpo	Camisa: manga larga en dril u otro material resistente, cuya densidad de área sea igual o superior a 8 Oz/yd ² , Pantalón: de jean color azul índigo, cuya densidad de área sea igual o superior a 12 Oz/yd ² .
Protección de pies y piernas	Botas de seguridad con refuerzo en la punta contragolpes NTC 2396 – 2257 ANSI Z 41

4.1.1 Asegurarse de cumplir con las condiciones de operación en el desarrollo de la actividad. Realizar el alistamiento de equipos y herramientas, inspeccionando y verificando que estén en buen estado.

Las herramientas utilizadas son:

- Juego de llaves mixtas
- Juego de copas.
- Juego de destornilladores.
- Estopas, trapo o pafios para limpiar. Barra.
-

- Torqui metro.
- Juego de llaves Allen
- Micrómetro.
- Pie de rey
- Compresímetro.
- Acidómetro
- Voltímetro
- Boroscopio
- Hidrolavadora
- Extensión eléctrica Diferencial
- Comparador de caratula
- Base magnética
- Detector de atmosferas peligrosas

4.1.2 Establecer los peligros y riesgos a los que se puede exponer en la ejecución de la rutina de mantenimiento y definir los controles correspondientes.

PASO NO 1. Revisión preliminar del área donde se realizarán las actividades			
Peligros/Aspectos	Riesgos/impactos	Controles	Responsables
Desnivel del piso y Superficies resbalosas	Caídas, golpes, lesiones múltiples, laceraciones, contusiones	Realizar inspección del área verificar que se encuentre libre de obstáculos, y si los hay retirarlos y ubicarlos en un lugar adecuado. Señalar cualquier terreno defectuoso o huecos e inspeccionar bien el sitio que va a interferir para alistar herramientas materiales.	Técnico Mecánico
Riesgo Biológico (Presencia de Flora (Plantas) y Fauna (Animales) en el área de trabajo	Irritaciones, mordeduras, alergias, heridas, enfermedades endémicas (Paludismo, fiebre amarilla	Inspeccionar el área antes de iniciar labores y verificar la presencia de avispas, abejas, arañas, madrigueras, serpientes utilizando metodología de las 6 A	Técnico Mecánico

PASO N° 2 Verificar tensión de correas motor combustión			
PASO N° 3 Cambio de Aceite de Gobernador			
PASO N° 4 Revisión y limpieza de Carburador			
PASO N° 5 Verificación de balancines de válvulas			
PASO N° 6 Lavado externo del Cooler.			
PASO N° 7 Limpieza o Cambio de filtro de aire			
PASO N° 8 Limpieza o Cambio de filtro gas combustible			
PASO N° 9 Mantenimiento en el sistema de lubricación para modelos con motor eléctrico			
PASO N° 10 Cierre de actividades.			
Peligros/Aspectos	Riesgos/impactos	Controles	Responsables
Exposición al ruido.	Dolor de oído, dolor de cabeza, pérdida auditiva	Utilizar protección auditiva ya sea tipo copa o de inserción, en algunos casos usar doble protección auditiva.	Técnico Mecánico
Ergonómicos: posturas inadecuadas de trabajo, Posturas prolongadas.	Dolor de espalda, piernas y calambres.	Realizar ejercicios de estiramiento antes de iniciar la actividad Realizar pausas activas evitando mantenerse en una posición por tiempos prolongados.	Técnico Mecánico
Manipulación de herramienta manual	Golpes, laceraciones, machucones	Tomar precauciones la manipulación identificando puntos de atrapamiento o pellizcos. Usar los elementos de protección personal (Guantes, gafas, casco, adecuados a la actividad) Utilizar la herramienta adecuada para cada trabajo e inspeccionar las condiciones de la herramienta antes de iniciar la actividad.	Técnico Mecánico

<p>Exposición a altas temperaturas, rayos solares, radiación térmica de equipos.</p>	<p>Deshidratación, quemaduras de piel (1º)</p>	<p>Mantenerse hidratado se debe contar con un punto de hidratación. No exponerse por largos periodos de tiempo a los rayos solares. Usar en todo momento el bloqueador solar.</p>	<p>Técnico Mecánico</p>
<p>Contacto con Productos derivados del hidrocarburo</p>	<p>Alergias, dermatitis, irritación</p>	<p>Contar con los recipientes que contienen el aceite debidamente rotulado. Usar guantes de nitrilo durante lubricación. Contar con la hoja de seguridad de los productos químicos y divulgación al personal que realiza la actividad.</p>	<p>Técnico Mecánico</p>

 **ATENCIÓN**

Con el cumplimiento de los ítems anteriores se puede iniciar la ejecución de la rutina de mantenimiento, si le falta un solo ítem absténgase de iniciar la ejecución de la misma.
SI FALTA ASEGURAR ALGO NO CONTINÚE.

4.2 DESCRIPCIÓN DE EJECUCIÓN DE ACTIVIDAD

PASO N° 1. Revisión preliminar del área donde se realizarán las actividades

- 1.1 Inspeccionar el área de trabajo antes de iniciar las labores, para verificar que no haya presencia de avispas o serpientes.
- 1.2 Realizar limpieza del área de trabajo para eliminar o controlar objetos en el piso y evitar resbalar o tropezar y ubicar herramientas en un área despejada.
- 1.3 Demarcar el área de trabajo con cinta de peligro o conos de señalización

- 1.4 Asegurar los repuestos, herramientas y requerimientos de apoyo (logística) necesarios para la realización de las actividades
- 1.5 Si es necesario, verifique la aplicación del SAS de proceso que estén cerradas las válvulas de succión y descarga liberando toda energía potencial por acumulación del fluido del proceso. Esta actividad la debe realizar el Operador.

PASO N° 2 Verificar tensión de correas (Aplica modelos de combustión a gas)

Apagar equipo.

- 2.1 Realizar cierre de válvulas de succión y descarga
- 2.2 Retirar bornes de batería 12 Voltios.
- 2.3 Retirar guarda de gobernador y alternador
- 2.4 Verificar tensión en correas de gobernador y alternador utilizando tensiómetro (o Regla de dedo: presione la correa con un objeto sin filo o punta, en caso de presentar una deflexión mayor de 1" medida desde el punto del plano antes de presionar la correa esta requiere tensión o cambio).
- 2.5 Realice inspección de estado de correas, en caso de presentar fisuras verticales reportar correa para cambio, reporte cualquier anomalía en las correas.
- 2.6 Ajustar tornillería de alternador y gobernador.
- 2.7 Realizar instalación de guardas verificando que no exista ningún roce entre la guarda y las correas.
- 2.8 Conectar bornes de batería.
- 2.9 Con ayuda del operador realizar apertura de válvulas de succión y descarga.
- 2.10 Entregar equipo al operador.
- 2.11 Informar al supervisor la finalización de la actividad.
- 2.12 Realizar orden y aseo del área.
- 2.13 Retirar demarcación del área de trabajo.

PASO N° 3 Limpieza o Cambio de filtro de aire (Aplica modelos de combustión a gas)

- 3.1 Apagar equipo
- 3.2 Realizar cierre de válvulas de succión y descarga
- 3.3 Retirar cable de bornes de batería 12 Voltios.
- 3.4 Retirar tapa de filtro de aire y desmontar filtro de aire
- 3.5 Realizar limpieza de filtro de aire, en caso de encontrarlo en mal estado realizar reporte para cambio.
- 3.6 Instalar filtro de aire
- 3.7 Instalar tapa de filtro y apretar tuerca de ajuste.
- 3.8 Conectar cables a bornes de batería
- 3.9 Retirar bloqueo del equipo con ayuda del operador.
- 3.10 Abrir válvulas de succión y descarga.

- 3.11 Realizar pruebas del equipo en vacío con ayuda del operador.
- 3.12 Entregar equipo al operador.
- 3.13 Informar al supervisor la finalización de la actividad.
- 3.14 Realizar orden y aseo del área.
- 3.15 Retirar demarcación del área de trabajo

PASO N° 4. Limpieza o Cambio de filtro gas combustible (Aplica modelos de combustión a gas)

- 4.1 Apagar equipo
- 4.2 Realizar cierre de válvulas de succión de gas combustible
- 4.3 Realiza despresurización de líneas por la válvula de alivio del scrubber
- 4.4 Retirar abrazaderas en los extremos del cuerpo del filtro
- 4.5 Retiro del filtro
- 4.6 Inspeccionar, limpiar y en caso de obstrucción reportar para reemplazar por uno nuevo
- 4.6 Instalación del filtro nuevo.
- 4.8 Ajuste de abrazaderas.
- 4.9 Con ayuda del operador abrir válvulas de succión y descarga.
- 4.10 Realizar pruebas del equipo en vacío con ayuda del operador
- 4.11 Entregar equipo al operador.
- 4.12 Informar al supervisor la finalización de la actividad.
- 4.13 Realizar orden y aseo del área
- 4.14 Retirar demarcación del área de trabajo

PASO N° 5. Verificación de válvulas (Aplica modelos de combustión a gas).

- 5.1 Apagar equipo
- 5.2 Realizar cierre de válvulas de succión y descarga
- 5.3 Retirar bornes de batería 12 Voltios.
- 5.4 Esperar que el equipo se enfríe permitiendo que repose apagado antes de empezar a trabajar.
- 5.5 Desacoplar mangueras y tubería de desfogue de tapa válvulas.
- 5.6 Retirar tapa válvulas evitando dañar empaque, reemplazar si es necesario.
- 5.7 Desconectar cables de alta de las bujías.
- 5.8 Retirar gorro protector de bujías.
- 5.9 Retirar bujías utilizando copa larga de 5/8"
- 5.10 Realizar movimiento de motor manualmente ubicando pistones en el punto muerto superior de la carrera de potencia.
- 5.11 Verificar el estado de balancines de válvula, revisando que no estén desgastados, o tengan algún desperfecto notorio, verificar que no estén demasiado ajustados y la varilla impulsora gire libremente.
- 5.12 Repetir procedimiento para los cuatro pistones
- 5.13 instalar bujías con copa larga de 5/8".
- 5.14 instalar gorros protectores de bujías y conectar cables de alta a terminal de bujías.

- 5.15 instalar tapa válvulas con su respectivo empaque (en buen estado).
- 5.16 instalar tubería y manguera de desfogue.
- 5.17 Conectar bornes de batería.
- 5.18 Con ayuda del operador realizar apertura de válvulas de succión y descarga.
- 5.19 Entregar equipo al operador.
- 5.20 Informar al supervisor la finalización de la actividad
- 5.21 Realizar orden y aseo del área.
- 5.22 Retirar demarcación del área de trabajo.

PASO N° 6. Lavado externo del Cooler (Aplica modelos de combustión a gas y eléctrico).

- 6.1 Apagar equipo
- 6.2 Realizar cierre de válvulas de succión y descarga
- 6.3 Retirar cables de los bornes de batería 12 Voltios. (Aplica a gas)
- Eléctrico:** Bajar el totalizador principal del tablero de arranque del sistema eléctrico, instalar el sistema de seguridad para evitar que inicien el motor durante el mantenimiento.
- 6.4 Esperar que el equipo se enfríe permitiendo que repose apagado antes de empezar a trabajar.
- 6.5 Desmontar tornillería de guarda de ventilador y retirar guarda.
- 6.6 Retirar tornillería de manzana del ventilador.
- 6.7 Con ayuda mecánica retirar ventilador.
- 6.8 Ubicar ventilador en zona en que no corra riesgo de golpes (colocar ventilador en área plana).
- 6.9 Realizar pre-limpieza con aire a presión en el exterior de los paneles del radiador.
- 6.10 Aplicar desengrasante en el exterior de todos los paneles del radiador.
- 6.11 Dejar actuar desengrasante durante 15 min.
- 6.12 Realizar enjuague de desengrasante con agua a presión con ayuda de hidro-lavadora
- 6.13 instalar ventilador y ajustar tornillos.
- 6.14 Con comparador de caratula verificar la correcta instalación del ventilador.
- 6.15 instalar guarda de ventilador.
- 6.16 Ajustar tornillería y verificar que no haya ningún roce de algún elemento móvil con las guardas.
- 6.17 Recoger residuos del lavado del cooler.
- 6.18 Inspeccionar fugas de refrigerante y corregir en caso de ser posible, en caso contrario realizar reporte detallado de la misma.
- 6.19 Conectar cables a los bornes de batería.
- Eléctrico:** Subir totalizador principal de arranque del sistema eléctrico.
- 6.20 Con ayuda del operador realizar apertura de válvulas de succión y descarga.
- 6.21 Entregar equipo al operador.
- 6.22 Informar al supervisor la finalización de la actividad.
- 6.23 Realizar orden y aseo del área.
- 6.24 Retirar demarcación del área de trabajo.

Nota: Realice inspección de paneles de cooler en caso de ser necesario repetir procedimiento de lavado con desengrasante

PASO N° 7. Cambiar Refrigerante (Aplica modelos de combustión a gas).

- 7.1 Apagar equipo
- 7.2 Realizar cierre de válvulas de succión y descarga
- 7.3 Retirar bornes de batería 12 Voltios.
- 7.4 Esperar que el equipo se enfríe permitiendo que repose apagado antes de empezar a trabajar.
- 7.5 Quitar tapa superior de radiador (previa verificación de ausencia de alta presión y temperatura).
- 7.6 Ubicar recipiente en parte inferior de radiador, debajo de ducto de descarga o drenaje.
- 7.7 Retirar tapón de drenaje.
- 7.8 Drenar en su totalidad el refrigerante del radiador.
- 7.9 Aplicar teflón a la rosca del tapón de drenaje de refrigerante y colocar tapón.
- 7.10 Agregar refrigerante al radiador por tapa superior, verificando su llenado completo.
- 7.11 Instalar tapa superior del radiador.
- 7.12 Inspeccionar fugas de refrigerante y corregir en caso de ser posible, en caso contrario realizar reporte detallado de la misma.
- 7.13 Conectar bornes de batería.
- 7.14 Con ayuda del operador realizar apertura de válvulas de succión y descarga.
- 7.15 Entregar equipo al operador.
- 7.16 Informar al supervisor la finalización de la actividad.
- 7.17 Realizar orden y aseo del área.
- 7.18 Retirar demarcación del área de trabajo.

PASO N° 8. Boroscopia. (Aplica modelos de combustión a gas).

- 8.1 Apagar equipo
- 8.2 Esperar que el equipo se enfríe permitiendo que repose apagado antes de empezar a trabajar
- 8.3 Verificar que la batería se encuentre desconectada
- 8.4 Desacoplar cables de alta
- 8.5 Desacoplar bujías
- 8.6 Introducir equipo Boroscopio en cilindro con pistón en PMI, tomar registro fotográfico
- 8.7 Repetir paso 13.6 en todos los cilindros (cada PMI se busca girando el cigüeñal desde el ventilador del cooler con llave para tubo)
- 8.8 Instalar Bujías
- 8.9 Instalar cables de alta
- 8.10 Conectar baterías
- 8.11 Poner en marcha el equipo
- 8.12 Entregar el equipo al operador

PASO N° 9. Proceso de mantenimiento del sistema de lubricación para modelos con motor eléctrico.

- 9.1 Avisar al operador de planta, Apaga el equipo y hace entrega de este dejando el equipo despresurizado y con el SAES instalado.
- 9.2 Bajar totalizador principal de arranque del sistema eléctrico.
- 9.3 Instalar el sistema de bloqueo en el tablero eléctrico para protección durante la actividad
- 9.4 Verificar el estado del equipo en la entrega, iniciar drenaje del aceite y el gobernador.
- 9.5 Realizar un fluching o lavado interno para sacar todo el aceite que esta degradado o en mal estado.
- 9.6 Soltar los tornillos de la tapa superior o Frame del compresor y realizar una inspección visual en la parte interna para determinar el estado de las bielas, pistones y el cigüeñal.
- 9.7 Retira los filtros de aceite y proceder a su reemplazo.
- 9.8 Realizar una revisión de las bases de los filtros y manómetros para constatar que no estén deteriorados por la vibración.
- 9.9 Después de realizar la inspección interna colocar la tapa superior y los tornillos de drenaje del aceite.
- 9.10 Proceder a la instalación de filtros nuevos dejándolos impregnados de aceite y ajustados.
- 9.11 Agregar el nivel de aceite indicado al carter y el gobernador, nivel recomendado por el fabricante. (Seguir instrucciones del manual de fabricante).
- 9.12 Cuando el compresor tenga los niveles adecuados de aceite se procede a realizar pruebas de arranque.
- 9.13 Una vez realizadas las pruebas de arranque y verificados que el sistema de lubricación esta trabajando, se avisa al operador para dejar el equipo en línea y funcionamiento.
- 9.14 Realizar el cierre de actividades. Y realizar el ítem 5.3

PASO N° 10 cierre de las actividades.

- 9.1 Orden y aseo
- 9.2 Verificar que todas las herramientas y materiales sobrantes utilizados durante trabajo ejecutado retirado del área.
- 9.3 Realizar la limpieza de derrames de aceite con el kit antiderrames
- 9.4 Entregar el equipo al operador del área.

5. PRUEBAS REALIZADAS POSTERIORES A LA EJECUCIÓN DE LA ACTIVIDAD

- Verifique no queden fugas
- Verifique que los niveles de aceite y refrigerante se encuentren en full
- Verifique el ajuste de los pernos
- Verificar que las guardas queden instaladas
- Verifique el giro correcto del ventilador
- Verifique datos operacionales

6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

6.1 Catálogo de partes IMPO.

CARGO	CANTIDAD	PERFIL
Supervisor O & M.	1	Técnico: Siete (7) años de experiencia relacionada o deseable dos (2) años de experiencia específica en el sector de hidrocarburos. Tecnólogo: Seis (6) años de experiencia relacionada o deseable dos (2) años de experiencia específica en el sector de hidrocarburos. Profesional: Cinco (5) años de experiencia específica en el sector de hidrocarburos.
Mecánico E11	1	Tecnólogo con ocho (8) años, Técnico CAP con nueve (9) años o empírico con doce (12) años de experiencia específica, de los cuales mínimo cinco (5) años preferiblemente en la industria petrolera, en montaje y mantenimiento motores diésel y a gas, compresores reciprocantes de gas y aire, mantenimiento de bombas centrífugas y reciprocantes, unidades de bombeo mecánico, incrementadores de velocidad, sistemas hidráulicos y neumáticos, equipos de reacondicionamiento y servicio a pozos.
D9	1	Tecnólogo con seis (6) años, Técnico CAP con siete (7) años o empírico con diez (10) años de experiencia específica, de los cuales mínimo tres (3) años preferiblemente en la industria petrolera, en montaje y mantenimiento motores diésel y a gas, compresores reciprocantes de gas y aire, mantenimiento de bombas centrífugas y reciprocantes, unidades de bombeo mecánico, incrementadores de velocidad, sistemas hidráulicos y neumáticos, equipos de reacondicionamiento y servicio a pozos.
Mecánico	1	Tecnólogo con un (1) años, Técnico CAP con dos (2) años o empírico con cuatro (4) años de experiencia específica, de los cuales mínimo un (1) año preferiblemente en la industria petrolera, en montaje y mantenimiento motores diésel y a gas, compresores reciprocantes de gas y aire, mantenimiento de bombas centrífugas y reciprocantes, unidades de bombeo mecánico, incrementadores de velocidad, sistemas hidráulicos y neumáticos, equipos de reacondicionamiento y servicio a pozos.
B4		

7. REALIZAR LA LISTA DE CHEQUEO DEL FABRICANTE PARA LA VERIFICACIÓN DE ARRANQUE.

7.2 DIAGRAMA DE FLUJO

