

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes

1.1. Antecedentes de Mantenimiento

A finales del siglo XVIII y principios del XIX durante la revolución industrial con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación y así mismo los conceptos de competitividad, costes entre otros. De la misma manera comenzaron a tomar en cuenta el término de fracaso y comenzaron a darse cuenta de que esto producía paradas en la producción. Tal fue la necesidad de comenzar a controlar estas fallas que en la década de 1920 comenzaron a aparecer las primeras estadísticas sobre las tasas de fallas en motores y equipos de aviación.

Por lo tanto, la historia del mantenimiento va de la mano con el desarrollo técnico-industrial, ya que con las primeras máquinas comenzó la necesidad de las primeras reparaciones. La mayoría de los fallos que se presentaron en ese momento fueron el resultado del abuso o de los grandes esfuerzos a los que fueron sometidas las máquinas. En ese momento el mantenimiento se hizo hasta que fue imposible continuar usando el equipo. Hasta 1914, el mantenimiento era de importancia secundaria y era realizado por el mismo personal de operación y producción. (Rodríguez, 2019)

Con la llegada de la Primera Guerra Mundial y la puesta en marcha de una producción en serie, las fábricas de pasos tuvieron que establecer programas de producción mínimos por lo que empezaron a sentir la necesidad de crear equipos que pudieran realizar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento conocido hoy como MANTENIMIENTO CORRECTIVO. Esta situación se mantuvo hasta la década del año de 50. (Villanueva, 2011)

No fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente siguió las recomendaciones de los fabricantes de equipos sobre el cuidado que se debe tener en la operación y mantenimiento de las máquinas y sus dispositivos.

Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se llama MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas al final del período anterior, y que la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, ingeniería de mantenimiento, comenzó a desarrollar criterios para la predicción de fallas, visualizando así la optimización del rendimiento de los equipos de ejecución de mantenimiento. (Rivera Rubio, 2018)

Estos criterios fueron conocidos como mantenimiento predictivo los cuales fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento como el mantenimiento productivo que fue una nueva tendencia que determinaba una perspectiva más profesional. Se asignaron más responsabilidades a la gente relacionada con el mantenimiento y se hacían consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo de la planta.

Diez años más tarde se tomó lugar la globalización del mercado creando nuevos modelos de mantenimiento para así lograr una mejor calidad y una mejor excelencia, entre estos modelos podemos nombrar: TPM, 5S, Kaizen y RCM.

Los nuevos objetivos de mantenimiento se centran en ocho aspectos:

- Disponibilidad de la maquinaria y quipos.
- Fiabilidad de la maquinaria y equipos.
- Optimización de los costos.
- Aumento de la seguridad.
- Incremento de la calidad (Aparecen las certificaciones ISO 9001).
- Preservar el medio ambiente (Teniendo en cuenta la ISO 14001).
- Alargar la vida útil de los equipos.
- Vigilancia de la normativa vigente.

Las actividades de mantenimiento preventivo ya no son rutinarias, sino ajustadas a la normativa o a su utilidad: se tiene en cuenta su rentabilidad. Se comienzan a aplicar con mayor respaldo los mantenimientos predictivos y otras técnicas como el RCM y el

TPM. Los Sistemas de gestión se extienden masivamente a equipos, sistemas e instalaciones. Aparece la externalización del mantenimiento como modo de optimizar los costes y de ocupar del mantenimiento a empresas especialistas.

1.2. Datos de la Empresa

La Importadora Jasel es una empresa que se encuentra instalada en la Ciudad de Tarija recientemente hace unos 4 años, dedicada solo a la producción de oxígeno medicinal brindando un producto de calidad al 99,6%.

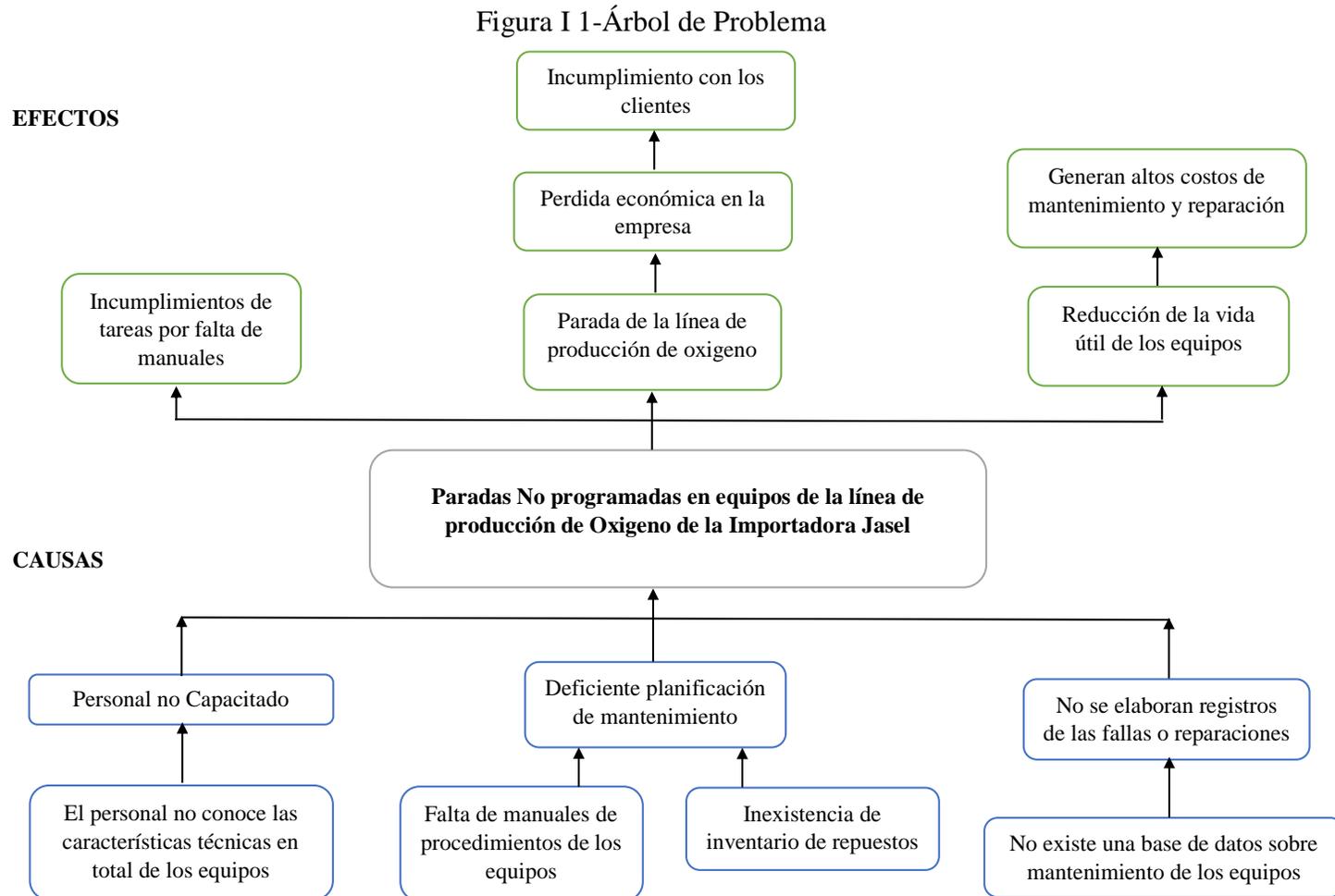
La empresa se creó el 2009 pero empezó a funcionar a partir del 3 de enero del 2018 la iniciativa de su implementación fue de la propietaria Rosario Ramos Parada quien junto con su socio Cesar Rodríguez fundaron esta empresa.

1.3. Identificación Del Problema

La Importadora Jasel es una empresa que se encarga de la producción de oxígeno medicinal, creada el 2018, al pasar los años la demanda de esta industria fue creciendo, aún más en el año 2020 hasta mediados del año 2022 debido a la pandemia del covid 19. Al subir la demanda los equipos de la línea de producción de oxígeno se vieron afectados por la falta de un programa de mantenimiento preventivo, ocasionando paradas no programadas en la producción, por lo cual se tiene un problema fundamental en la empresa, que influye de manera negativa en la confianza de los consumidores al demorar en la entrega de su pedido y afectando la buena calidad de su producto.

La empresa actualmente aplica un sistema de mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento es el que se ocupa de la reparación de los equipos y herramientas una vez que se ha producido una falla, lo cual genera daños en los equipos reduciendo su vida útil, generando altos costos de reparación económicamente y bajos niveles de eficiencia.

1.4. Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.5. Formulación del problema

¿Qué medidas debería considerar la Importadora Jasel para reducir las paradas no programadas en equipos de la línea de producción de oxígeno?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para la empresa Importadora Jasel, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo de los equipos de la línea de producción de oxígeno.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de los equipos de la empresa.
- Elaborar documentos de descripción, control y verificación que faciliten a la gestión y organización del mantenimiento.
- Elaborar programas de mantenimiento en cada equipo.
- Determinar los costos de la incorporación del plan de mantenimiento preventivo de acuerdo con un estudio económico que permita demostrar el beneficio de la Importadora Jasel.

1.7. Justificación

La Importadora Jasel desde hace varios meses atrás viene experimentando fallas en los equipos de producción esto debido a la falta de mantenimiento, el mencionado problema está generando diferentes hechos tales como paradas no programadas, tanto en la línea de producción, como también este problema da paso a tener pérdidas económicas, aparte de que se disminuye la vida útil de los equipos.

Es necesario llevar un control diario, mensual y anual, la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo. En estos últimos meses las complicaciones o problemas antes mencionados fueron notables, los cuales se pueden corregir al ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, ya que la importadora realiza

mantenimientos correctivos y estos generan pérdidas económicas, tiempo a la hora de tener que arreglar o reemplazar una pieza en el transcurso de la producción.

Es ahí donde nace la oportunidad e idea de hacer un diseño de programa de mantenimiento preventivo para esto se pretende hacer un análisis previo del mantenimiento correctivo, para así mismo contribuir a la solución de los problemas suscitados, permitiéndoles tener un mejor control y preservación de los equipos, logrando maximizar la productividad y garantizar la continuidad de las operaciones de la producción del oxígeno medicinal.

Tener un programa de mantenimiento preventivo no solo garantiza el buen funcionamiento de los equipos si no también reduce el número de paradas no programadas y asegura la calidad del producto. También evita la demora del pedido para satisfacer al consumidor y así reducir los costos, evitando pérdidas económicas.

CAPÍTULO II
MARCO TEORICO

2.1. Concepto Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los pilares fundamentales de una industria productiva o de servicios, no es posible hablar de producción con estándares y normas de calidad si no existe un mantenimiento adecuado de máquinas, equipos, procesos, instalaciones, etc.

El mantenimiento es el conjunto de acciones técnicas de ingeniería y de gestión empresarial que buscan mantener o conservar una máquina, equipo o bien para producir de la forma más económica posible, optimizando el consumo de los recursos con el propósito de generar mejores ingresos para la empresa. (Seguas, 2012).

El mantenimiento industrial se puede definir como el conjunto de actividades necesarias para lograr un óptimo funcionamiento tanto de instalaciones, maquinaria y equipos como de los distintos espacios de trabajo que componen esas instalaciones industriales. También incluiría los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento correcto y el buen estado de conservación del sistema productivo.

El objetivo final de un buen mantenimiento industrial es garantizar la producción en cualquier proceso industrial, su calidad y mantener un correcto funcionamiento de los equipos alargando su vida útil.

2.2. Importancia del Mantenimiento

El mantenimiento industrial es una herramienta fundamental para el buen funcionamiento de cualquier empresa de ámbito industrial ya que repercute directamente en su proceso productivo. Se trata de un aspecto muy importante a tener en cuenta en el desarrollo de cualquier proceso de producción sea cual sea el sector de actividad al que se dedique la empresa. (Seguas, 2012).

La importancia del mantenimiento industrial siempre ha estado en segundo plano. Desde la revolución industrial, solo se aplicaba mantenimiento cuando estos ya fallaban parcial o totalmente; esto se conoce como mantenimiento correctivo. Entonces, implementar alguna estrategia de mantenimiento nos permitirá:

- Prevenir accidentes laborales, aumentando la seguridad de las personas que operan las máquinas.
- Evitar y disminuir las pérdidas debido a paradas de producción y tiempos muertos.
- Aumentar la vida útil de los equipos.
- Reducir los costos totales de mantenimiento.
- Mejorar la calidad de la actividad industrial y según el caso la calidad del producto medio o final.

2.3. Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento puede dividirse en distintos tipos, cuidando a las viables funciones que atribuyen con este, así como el modo de ejercerlas, habitualmente se permite una división fundamentada más en la orientación metódica.

El mantenimiento puede dividirse en distintos tipos:

2.3.1. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento consiste en corregir las fallas de la maquinaria conforme vayan apareciendo, debido al uso y el desgaste. Pueden ser planificados, cuando el estado de la máquina se ha previsto y en el plan de mantenimiento industrial ya se tiene en cuenta o no planificados, cuando el defecto ocurre en un momento inesperado o antes de lo previsto. (Jelpit, 2022).

Este tipo de mantenimiento corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial. Estas prácticas de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta.

Además, es posible que no encuentre ningún técnico de mantenimiento disponible para resolver el problema en este momento, ya que las fallas son totalmente imprevistas.

Aunque en algunos casos es inevitable, el mantenimiento correctivo acaba teniendo un mayor impacto financiero en las empresas, ya que suele implicar no contar por tiempos

prolongados con el equipo. El hecho es que un porcentaje significativo de estas fallas puede evitarse si se aplican planes de mantenimiento preventivo. Sin embargo, este modelo siempre será necesario y puede aplicarse a equipos con bajos niveles de criticidad, cuyas fallas no interfieran con la productividad de la empresa.

2.3.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas en base a manuales del fabricante con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones. (Ángel Mendizábal May, 2020)

El mantenimiento preventivo consiste en intervenciones que previenen las averías y disminuyen la probabilidad de que un activo falle. Es decir, se trata de un tipo de mantenimiento planificado que se realiza incluso cuando un equipo mantiene su capacidad operativa. Puede ser tan simple como la limpieza de los filtros de aire, de aceite, una inspección visual o una lubricación periódica, pero también incluye planes de inspección más complejos, planes de calibración y/o medición.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios:

Seguridad: Las instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.

Vida útil: Una instalación sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor.

Costo de reparaciones: Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo.

Este se basa, precisamente, en eso, en prevenir. Es decir, existe una planificación muy bien estudiada que pone en marcha ciclos de mantenimiento para evitar cualquier tipo de falla, rotura, etc. Estas acciones programadas son, entre otras:

- Lubricaciones periódicas
- Limpieza, tanto de instalaciones como de maquinaria
- Análisis de fallas
- Calibración de la maquinaria
- Cambio de piezas
- Reparación de equipo

2.3.2.1. Tipos de mantenimiento preventivo

En general, podemos dividir el mantenimiento preventivo en dos tipos principales:

- **Basado en el tiempo (time-based)**, es decir, revisiones periódicas realizadas en intervalos de tiempo previamente definidos, independientemente de la utilización de los activos
- **Basado en la utilización (usage-based)**, es decir, basado en la utilización real de los activos, como la lubricación de una máquina cada por ciclos de producción.

2.3.2.2. Forma de aplicar el mantenimiento preventivo

El primer paso para implementar una estrategia de mantenimiento preventivo es definir un plan. Todas las tareas deben estar bien definidas, teniendo en cuenta los materiales, las piezas, la mano de obra necesaria e incluso la contratación de servicios externos especializados. (Infraspeak, 2019)

El proceso puede dividirse en 5 etapas:

1. Definir los objetivos.

Para que el plan de mantenimiento preventivo sea realmente útil, el primer paso es establecer los objetivos que se desea alcanzar.

2. Hacer un inventario de los activos.

Para que el plan sea exhaustivo, se necesita hacer un mapa de los activos, es decir, organizar los activos por familias de equipos y ubicación. Cada activo debe estar asociado a las recomendaciones del fabricante, las garantías y las normas de calidad que deben cumplirse.

3. Establecer prioridades.

Tanto el tiempo como los recursos son limitados. Lamentablemente, es poco probable que se pueda realizar todo el mantenimiento preventivo, por lo que se debe dar prioridad a los activos más críticos. Se selecciona los activos que son esenciales para el funcionamiento normal de la empresa, los que pueden causar grandes pérdidas y los que plantean el mayor riesgo en caso de quiebra.

Es importante establecer prioridades de acuerdo con las condiciones actuales del equipo. Una evaluación del riesgo es sumamente útil para clasificar el nivel de prioridad de cada activo.

4. Crear indicadores KPIs para el plan de mantenimiento.

Para saber si el plan está cumpliendo los objetivos, el gestor de mantenimiento debe ser capaz de rastrear los eventos a lo largo del tiempo. La mejor manera de hacerlo es a través de los indicadores de rendimiento (KPI).

5. Revisar y mejorar el plan.

2.3.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en predecir las futuras fallas del equipo o maquinarias. El mantenimiento predictivo se efectúa cuando la maquinaria presenta alguna señal, por ejemplo: ruido, vibración, temperaturas, entre otros, por el constante monitoreo del equipo por parte del personal que lo usa.

El mantenimiento predictivo consigue prevenir posibles errores que pida el mantenimiento correctivo.

2.3.4. Mantenimiento cero horas u overhaul

En este mantenimiento se realizan tareas y procedimientos en momentos previamente programados, antes de que aparezca una falla. Lo anterior, se hace con el fin de dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo.

Durante estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Además, es uno de los tipos de mantenimiento industrial que ayudan a prolongar la vida útil de los equipos a largo plazo. (Valborsoluciones, feb, 2018)

2.3.5. Mantenimiento en uso

Este es uno de los tipos de mantenimiento industrial de más baja intervención. Normalmente lo suelen hacer los operarios del equipo o personal de baja calificación. Consiste en simples tareas de prevención, como una limpieza adecuada o una observación sobre defectos visibles.

2.4. Herramientas para control y evaluación del mantenimiento

2.4.1. Mantenimiento productivo total (TPM)

El mantenimiento productivo total (TPM) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de:

Prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total de las personas.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente. (Salazar, B.2019)

2.4.2. Ciclo de Deming (PDCA)

El PDCA, más conocido en español como ciclo de Deming, es una técnica que permite mejorar la anticipación y la gestión de sus proyectos industriales. Esta herramienta ayuda a poner en práctica las ideas y a dividir el trabajo a realizar en varios pasos para monitorear su progreso.

El acrónimo PDCA significa:

- P – “Plan”: planificar
- D – “Do”: hacer
- C – “Check”: verificar
- A – “Act”: actuar y ajustar haciendo un balance del trabajo realizado.

2.4.3. Ficha Técnica de Equipos.

Está destinada a brindar información esencial sobre las máquinas de la planta, de una manera fácil y rápida. Dicha información se divide en 3 partes:

- La primera parte contiene la información general del equipo indicando sus datos básicos; se destacan datos como el nombre, marca, flujo, presión, potencia, código, modelo, capacidad, dimensiones, fotografía, etc.
- En la segunda parte se describen las características del equipo haciendo énfasis en la actividad o proceso que este realiza.
- En la tercera parte se dedica exclusivamente a la descripción de accesorios del equipo, en esta parte podemos verificar cuantos accesorios tiene cada equipo.

El diseño de esta ficha técnica busca satisfacer las necesidades de tener documentos donde se consiga de manera rápida y sencilla información sobre los equipos en casos de emergencias, es una forma de acceder a la información de los manuales de los equipos sin recurrir a documentos muy extensos.

Tabla II 1-Ficha Técnica

FICHA TECNICA		
Nombre del Equipo		
	Código	Modelo
	Marca	
	Presión	Voltaje
	Flujo	Capacidad
	Dimensiones	
Características		
Accesorios		Cantidad
1		
2		

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

2.5. Herramientas de análisis de fallas

2.5.1. Matriz de Riesgos

Es una herramienta de gran utilidad para gestionar y controlar los riesgos (amenazas y vulnerabilidades) que pueden presentarse en la operación, en la implementación de servicios, en seguridad o en cualquier otro proceso de la empresa. (Jiménez, M. 2020)

Contar con esa matriz también ayuda a los directivos y al personal encargado a tomar decisiones más rápido sobre cómo actuar para hacerle frente a los riesgos que tiene mayor probabilidad de ocurrir y de impactar en la operación.

Los riesgos se clasifican a base de dos criterios:

Probabilidad y severidad, a cada riesgo se le da una puntuación tomando en cuenta cada criterio según indican las siguientes tablas:

Cuadro II 1-Probabilidad

PROBABILIDAD		Descripción
Frecuente	5	Probable o concebible de que ocurra repetidamente
Probable	4	Probable o concebible de que ocurra en varias ocasiones
Ocasional	3	Probable o concebible de que ocurra en algunas ocasiones
Remota	2	No probable o concebible de que ocurran
Improbable	1	Muy improbable o podría asumirse que no ocurrirá

Fuente: Portillo, 2020.

Cuadro II 2-Severidad

SEVERIDAD		Consecuencias
Catastrófico	4	Efecto total o permanente en imagen, procesos, productos, servicios o clientes, o capacidad de cumplir requisitos.
Critico	3	Productos, servicios o clientes, o capacidad de cumplir requisitos.
Marginal	2	Efecto mínimo en imagen, requisitos, productos, servicios o clientes, o capacidad de cumplir requisitos.
Menor	1	Para llevar a cabo sus productos, servicios o clientes, o capacidad de cumplir requisitos.

Fuente: Portillo, 2020.

Cada puntuación es multiplicada bajo la fórmula de: **Probabilidad x Severidad** para así tener una puntuación que represente ambos factores dicha puntuación hará que el riesgo se localice en la siguiente matriz donde se podrá definir el nivel de riesgo que enfrentamos.

Cuadro II 3-Nivel de riesgo P x S

Nivel de riesgo PxS		Catastrófico 1	Critico 3	Marginal 2	Menor 1
Frecuente	5	20	15	10	5
Probable	4	16	12	8	4
Ocasional	3	12	9	6	3
Remota	2	8	6	4	2
Improbable	1	4	3	2	1

Fuente: Portillo, 2020.

Teniendo cada color una categorización y un significado:

Rojo: riesgo intolerable entre 15y 20, se requiere implementar medidas de control inmediatamente.

Naranja: Riesgo Importante entre 11 y 14, se requiere corregir e implementar medidas en control en corto plazo.

Amarillo: Riesgo Moderado entre 7 y 10, se requiere implementar y mejorar medidas de control en mediano plazo.

Verde: Riesgo Bajo entre 1 y 6, no requiere intervención y se implementan medidas de control prolongadas

2.5.2. Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)

El Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) es un método proactivo para descubrir posibles fallas en los procesos empresariales con el fin de evitar que se produzcan o mitigar su efecto, averiguando dónde pueden producirse y determinando su impacto. El enfoque sistemático del AMFE para identificar y abordar las causas de las fallas puede ayudar a prevenir costosos problemas de fabricación, mejorar la calidad del producto y la fiabilidad del servicio, así como aumentar la satisfacción del cliente.

El AMFE es una metodología que se aplica a la hora de querer optimizar servicios o procesos. Su finalidad es estudiar todas las fallas que pueden suceder en el futuro del proceso productivo. (Safetculture,2012)

El AMFE tiene dos partes:

Primera parte: Modos de falla o aquellas fallas, cuestiones, problemas o errores que se producen dentro de los procesos, productos o servicios.

Segunda parte: El análisis de los efectos corresponde a la parte en la que se determinan y analizan los efectos o consecuencias de las fallas.

2.5.2.1. Pasos a seguir como hacer un AMFE:

Los pasos que se deben seguir a la hora de realizar un análisis de AMFE son los que se explican a continuación:

a) Realizar una enumeración de todas las fallas que se puedan dar.

b) Establecer un índice de prioridad:

Terminado el primer paso, en el que se genera una lista larga de todos los posibles “modos de falla” del producto. Se pasa al segundo, clasificar según el nivel de importancia, para ello, a cada modo de falla se le asigna tres valores:

GRAVEDAD DEL EFECTO" S"

- Insignificante 1-2

- Baja 3-4

- Media 5-6
- Alta 7-8
- Muy alta 9
- Critica 10

FRECUENCIA DE LA CAUSA "O"

- Muy poco probable 1-2
- Poco probable 3-4
- Moderada 5-6
- Alta 7-8
- Muy alta 9
- Inevitable 10

DETECCCIÓN DE FALLAS "D"

- Total 1
- Muy alta 2-3
- Alta 4-5
- Baja 6-7
- Muy baja 8-9
- Nula 10

Cuando se tiene estimados los valores de S, O y D, se los multiplica entre ellos mismos para obtener el valor de NPR (Número de Prioridad de Falla), que puede tener un valor que vaya desde 1 hasta 1000. Con la multiplicación de los valores S y O obtenemos la CRIT (criticidad) que pueden tener un valor entre 1 y 100. Las fórmulas quedan de la siguiente forma.

Ecuación (1)

$$NPR = S * O * D$$

Ecuación (2)

$$Crit = S * O$$

El valor generado dará la suficiente información para establecer la jerarquización de las fallas que se analizan.

2.6. ISO 9001

La implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) según la norma NB/ISO 9001 permite a las organizaciones dirigirse a la excelencia además de convertirse en una herramienta para la disposición de los procesos hacia el cliente. Proporciona una base sólida para un sistema de gestión, en cuanto al cumplimiento satisfactorio de los requisitos del sector y la excelencia en el desempeño.

La norma NB/ISO 9001 especifica los requisitos para un SGC, centrándose en la eficacia de la gestión de la calidad para la satisfacción del cliente. Este sistema es compatible con otros sistemas tales como los sistemas de Gestión Ambiental, Sistemas de Gestión de la Salud y Seguridad Ocupacional, Inocuidad de los Alimentos y otros.

2.6.1. Operación

2.6.1.1. Planificación y control operacional

La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios, y para implementar las acciones determinadas, mediante que:

- a) La determinación de los requisitos para los productos y servicios
- b) El establecimiento de criterios para:
 - Los procesos
 - La aceptación de los productos y servicios

c) La determinación de los recursos necesarios para lograr la conformidad con los requisitos de los productos y servicios

d) La implementación del control de los procesos de acuerdo con los criterios.

e) La determinación, el mantenimiento y la conservación de la información documentada en la extensión necesaria para:

- Tener confianza en que los procesos se han llevado a cabo según lo planificado

- Demostrar la conformidad de los productos y servicios con sus requisitos.

2.6.1.2. Beneficios con la implementación y certificación de esta norma

- Mejora el rendimiento y productividad de la empresa.

- Mejora la imagen corporativa.

- Incremento en la satisfacción del cliente.

- Menores costos operacionales.

- Reduce los residuos y aumenta la eficiencia.

- Ventaja competitiva para hacer crecer el negocio.

- Incremento de clientes y retención de los clientes actuales

- Mejora la comunicación interna y externa.

- Posibilidad de participar en licitaciones y muchos más.

2.6.2. Diagnóstico de mantenimiento según base de la norma ISO 9001

La norma ISO 9001:2015 aborda estas necesidades y requisitos en los apartados del capítulo 7.1.3. Infraestructura y 7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos.

En el presente artículo se presenta y explica los requisitos relacionados con estos dos apartados de la norma ISO 9001. También se tratarán y explicarán los pasos para un proceso de mantenimiento de instalaciones y equipos.

Cuadro II 4-Requisitos de la ISO 9001:2015

INFRAESTRUCTURA EN LA NORMA ISO 9001:2015		
Requisitos de la ISO 9001:2015		
7.1.3.	Infraestructura	
a)	Edificios y servicios asociados	Puede ser necesario tener en cuenta la instalación de protección contra incendios, la climatización, los servicios de limpieza, etc.
b)	Equipos, incluyendo hardware y software.	Es necesario asegurar el correcto estado de toda la maquinaria, equipos informáticos y los programas informáticos necesarios para su control.
c)	Recursos de transporte	Es necesario realizar y dispone de evidencias de los mantenimientos de vehículos de reparto y transporte con incidencia en la prestación del servicio.
d)	Tecnologías de la información y la comunicación	Centralitas, equipos de comunicación y equipos informáticos y software asociados.
7.1.4.	Ambiente para la operación de los procesos	
7.14.1.	Identificación de equipos e infraestructuras.	El primer paso consiste en inventariar e identificar todos los equipos e infraestructuras que pueden tener incidencia en el desempeño de los procesos y a la satisfacción de los clientes.

7.1.4.2.	Establecimiento de condiciones de mantenimiento.	Cada equipo e infraestructura debe tener asociada una rutina de operaciones de mantenimiento y comprobación que garantice su correcto estado. Estos mantenimientos pueden ser realizados por personal de la propia organización o por proveedores externos. Estos proveedores externos han de ser seleccionados y evaluados conforme a lo especificado en el apartado
7.1.4.3.	Elaboración de un plan de mantenimiento	Las tareas de mantenimiento a realizar con cada uno de los equipos deben estar planificadas en el tiempo y tener un personal responsable asociado
7.1.4.4.	Registro de los mantenimientos	Para mantener el control y la capacidad de mejora del proceso es necesario que de cada una de las operaciones realizadas se mantengan registros, tanto de los mantenimientos preventivos como de los mantenimientos correctivos.
7.1.4.5	Actualización del plan	Tras el análisis de las operaciones realizadas, preventivas y correctivas, la organización deberá emprender acciones para mejorar el rendimiento del proceso.

Fuente: ISO 9001, 2015.

2.7. ISO 55000

La norma ISO 55000 está basada en el círculo de la Mejora Continua que es el siguiente: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, que nos lleva a formularnos las siguientes preguntas:

- ¿Qué se debe hacer para ampliar la perspectiva de optimización de mantenimiento?

- ¿Cuándo debe hacerse?
- ¿Cómo debe hacerse?
- ¿Quién debe de hacerlo?

Con este paso se intentará conseguir un Sistema de Gestión del Mantenimiento, válido para todos los sectores que como es lógico comporta una variada familia de situaciones geográfica, políticas, humanas, comerciales y de otro tipo, y que dan lugar a una nube de benchmarking muy enriquecedora del mantenimiento.

2.7.1. Ventajas

- Mejora de la satisfacción del cliente como resultado de mejora de tu rendimiento y el control de la entrega del producto o servicio según los estándares requeridos.
- Mejora del funcionamiento desde el punto de vista de la salud, seguridad y medio ambiente.
- Optimización del retorno de la inversión y/o su incremento.
- Capacidad de demostrar la mejor rentabilidad dentro de un régimen con financiación limitada.

2.7.2. Propósito

Esta Norma Internacional provee los aspectos generales de la gestión de activos, sus principios y terminología y los beneficios esperados al adoptar la gestión de activos. Esta Norma Internacional puede aplicarse a todo tipo de activos y por cualquier tipo y tamaño de organización.

Esta Norma Internacional provee los aspectos generales para la gestión de activos y sistemas de gestión de activos (es decir, sistemas de gestión para la gestión de activos). También provee el contexto para las Normas ISO 55001 e ISO 55002.

La cooperación internacional en la preparación de estas normas identificó prácticas comunes que pueden aplicarse al más amplio rango de activos, de organizaciones y de culturas

2.7.3. Beneficios de la gestión de activos

La gestión de activos permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos organizacionales.

Los beneficios de la gestión de activos pueden incluir, pero no están limitados a los siguientes:

a) Mejora del desempeño financiero: puede alcanzarse una mejora del retorno sobre la inversión y la reducción de costos, mientras se preserva el valor de los activos sin sacrificar el logro de los objetivos organizacionales de corto o largo plazo.

b) Decisiones de inversión en activos basadas en información: permite a la organización mejorar la toma de decisiones y un eficaz balance de costos, riesgos, oportunidades y desempeño.

c) Riesgo gestionado: la reducción de pérdidas financieras, la mejora de la salud y la seguridad, la imagen y la reputación, la minimización del impacto social y ambiental, pueden resultar en una reducción de las obligaciones tales como primas de seguro, multas y sanciones.

d) Mejoras en resultados y servicios: asegurar el desempeño de los activos puede conducir a la mejora de servicios y resultados mejorados que consistentemente alcancen o superen las expectativas de los clientes y partes interesadas.

e) Responsabilidad social demostrada: la mejora en la capacidad de la organización para, por ejemplo, reducir las emisiones, conservar los recursos y adaptarse al cambio climático le permite demostrar prácticas de negocio y administración éticas y socialmente responsables.

f) Demostración de cumplimiento: ajustarse en forma transparente a los requisitos legales, estatutarios y regulatorios, así como apearse a procesos, políticas y normas de gestión de activos, que pueda permitir la demostración de cumplimiento.

g) Mejora de la reputación: a partir de la mejora en la satisfacción del cliente, la conciencia y la confianza de las partes interesadas.

h) Mejora de la sostenibilidad organizacional: la gestión eficaz de efectos de corto y largo plazo, los gastos y el desempeño, pueden mejorar la sostenibilidad de las operaciones y de la organización.

i) Mejora de la eficiencia y la eficacia: la revisión y mejora de los procesos, los procedimientos y el desempeño de los activos puede mejorar la eficiencia y la eficacia y el logro de los objetivos organizacionales.

2.7.4. Diagnóstico de mantenimiento según base de la norma ISO 55000

Cuadro II 5- Requisitos de la norma ISO 55000

Requisitos NTC ISO 55000:2014	Requisitos NTC ISO 55000:2014
Información documentada necesaria	Información documentada necesaria
2	Gestión de activos
2.1	Generalidades
	Factores influyentes al establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente la gestión de los activos.
2.2	Beneficios de la Gestión de activos
	Permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos organizacionales.
a)	Mejora del desempeño
	Puede alcanzarse una mejora del retorno sobre la inversión y la reducción de costos
b)	Decisiones de inversión en activos
	Permite a la organización mejorar la toma de decisiones y un eficaz balance de costos, riesgos, oportunidades y desempeño

c)	Mejoras en resultados y servicios	Asegurar el desempeño de los activos puede conducir a la mejora de servicios y resultados.
d)	Mejora de la reputación	La mejora en la capacidad de la organización.
e)	Mejora de la sostenibilidad organizacional	Ajustarse en forma transparente a los requisitos legales.
f)	Mejora de la eficiencia y eficacia	La revisión y mejora de los procesos, los procedimientos y el desempeño de los activos.
2.3	Activos	Control Operacional y retroalimentación, el cual debe estar documentado a través de procedimientos y registros.
2.4	Aspectos generales de la gestión de activos	
2.4.1	Generalidades	La alta dirección de una organización, sus empleados y partes interesadas deberían implementar la planificación, las actividades de control
2.4.2	Fundamentos	La gestión de activos se basa en un conjunto de fundamentos
a)	Valor	Los activos existen para proporcionar valor a la organización y a sus partes interesadas.

b)	Alineación	Las decisiones de gestión de activos (técnicas, financieras y operacionales) permiten colectivamente el logro de los objetivos organizacionales.
c)	Liderazgo	Es esencial para establecer, operar y mejorar exitosamente la gestión de activos dentro de la organización.
d)	Aseguramiento	La gestión de activos asegura que los activos cumplirán con su propósito.
2.4.3	La relación del sistema de gestión de activos	Proporcionar un mejor control del riesgo y asegurar los objetivos de gestión.

Fuente: ISO 55000, 2014.

2.9. Programa de Mantenimiento Preventivo

Un programa de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas de mantenimiento planificadas que se realizan regularmente en activos críticos para evitar fallas en los equipos.

Elaborar estos programas permite al área responsable, controlar las operaciones y saber con anticipación qué repuestos o recursos se requieren para asegurar una adecuada operación.

Además, el programa mantenimiento preventivo asegura la confiabilidad de los equipos, ya que todas las operaciones se realizan en intervalos predefinidos y no impactan de manera negativa el desempeño y los niveles de productividad de la empresa.

Lo esencial de este modelo de mantenimiento son las tareas programadas para evitar que sucedan las fallas, esta se separa en diarias y periódicas de distintos tiempos, las

tareas se elaboran a partir de las recomendaciones de los fabricantes que esto se encuentra en los manuales, y en caso de no existir los manuales se debe basar en toda la información de las marcas de los equipos o de equipos parecidos.

2.8.1. Beneficios de un programa de mantenimiento preventivo

El beneficio más visible de implementar un programa de mantenimiento preventivo en sus equipos es que se adelanta a los problemas antes de que ocurran.

- **Seguridad mejorada:** Al realizar comprobaciones periódicas del equipo, se reduce la posibilidad de que se averíe inesperadamente. Según el equipo en cuestión, esto puede crear un entorno de trabajo más seguro para el personal.
- **Presupuesto mejorado:** Al monitorear la condición del equipo, puede mantener su presupuesto para reemplazos o servicios necesarios.
- **Ahorra energía:** Un equipo bien mantenido tiende a usar menos energía que los mal atendidos. Esto no solo es mejor para el medio ambiente, sino que también le ahorra dinero en servicios públicos.
- **Ciclos de vida más largos para los activos:** El equipo bien mantenido funcionará mejor y por más tiempo. Las revisiones de rutina pueden mejorar el ciclo de vida de sus activos, reduciendo la necesidad de reemplazos costosos e inesperados.
- **Ahorra dinero:** Debido a que los ciclos de vida de su equipo se extienden, no tendrá que reemplazar elementos con tanta frecuencia. También se ahorra dinero en mantenimiento no planificado, que no solo puede ser más costoso que una reparación programada, sino que también puede tener otras consecuencias en relación con el cumplimiento de los pedidos de los clientes a tiempo.
- **Menos interrupciones o tiempo de inactividad no programado:** Si se mantiene un procedimiento de controles regulares, es menos probable que se sorprenda si algo sale mal.

Las interrupciones no planificadas pueden causar interrupciones en la fuerza laboral, producción y plazos de trabajo. Todo esto puede costar reputación y dinero, especialmente si ocurre un gran problema.

Entonces, el monitoreo regular puede incluso mitigar las fallas imprevistas, ya que el mantenimiento puede proporcionar información sobre dónde es más probable que haya ocurrido una falla.

2.9. Indicadores MTBF y MTTR

2.9.1. MTBF: tiempo medio entre fallas

MTBF es el indicador que denota el Tiempo Medio Entre Fallas, traducido al inglés como Mean Time Between Failures, el cual se refiere al tiempo promedio de funcionamiento de un equipo hasta que presenta una falla funcional. (Order, S. 2021)

Si un equipo consigue operar en un amplio periodo de tiempo sin presentar paradas, decimos que su MTBF es elevado, lo cual es deseado.

El MTBF es un indicador para sistemas reparables y en los que es necesario realizar intervenciones para reemplazar componentes como, por ejemplo, el cambio de los rodamientos del eje de una bomba centrífuga.

Los ingenieros encargados de las revisiones utilizan este indicador para hacer seguimiento y detectar posibles fallas en los procedimientos de mantenimiento realizados con anterioridad en ese mismo equipo.

Consecuentemente, esto genera una investigación más profunda sobre el origen de una falla y, con ella, se descubre cuál será la mejor forma de corregirla.

2.9.1.1. Cómo calcular el tiempo medio entre fallas

Ya que existen diferentes aspectos que pueden influir en el MTBF, antes de realizar el cálculo, es importante recalcar que la tasa de falla que se considera para esta métrica debe relacionarse con defectos del mantenimiento directo, es decir, descuidos humanos.

El MTBF se calcula mediante una media aritmética. Básicamente, esto significa tomar los datos del periodo que se quiere calcular (pueden ser seis meses, un año, o el periodo de tiempo deseado) y dividir el tiempo total de funcionamiento de ese periodo entre el número de fallas.

Entonces, la fórmula para calcular el MTBF sería:

Ecuación (3)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo total de reparacion}}{\text{N}^\circ \text{ de Fallas}}$$

Dado que este indicador se utiliza para calcular la confiabilidad, el MTBF no toma en cuenta el tiempo de inactividad previsto durante el mantenimiento programado. En cambio, se centra en las interrupciones y fallas inesperadas.

2.9.2. MTTR: tiempo medio de reparación

El acrónimo MTTR hace referencia a las palabras en inglés Mean Time To Repair, las cuales significan Tiempo Medio de Reparación.

Como su nombre lo dice, esta métrica señala el tiempo real necesario utilizado para reparar una falla o rehabilitar el funcionamiento de un equipo. Su objetivo es conseguir que esta cifra sea lo más baja posible, aumentando así la eficiencia de los procesos y equipos de reparación.

En pocas palabras, mide la eficiencia del equipo de mantenimiento.

Cuando hablamos del MTTR, es fácil asumir que es un único indicador con un solo significado. Lo cierto es que representa potencialmente cuatro medidas diferentes.

La R puede significar reparación, recuperación, respuesta o resolución. Y, aunque los cuatro indicadores se superponen, cada uno tiene su propio significado.

A continuación, hablamos con detalle sobre las distintas medidas:

MTTR (Mean time to respond): Es el tiempo medio de respuesta desde el momento en que se alerta por primera vez sobre una falla hasta el inicio de la reparación. Este

indicador se ve afectado en gran medida por la indisponibilidad de piezas en el inventario para la ejecución de las órdenes de trabajo.

MTTR (Mean time to recovery): Es el tiempo medio de restauración del sistema. Incluye todo el tiempo desde que se genera una alerta de falla hasta que el sistema o equipo es puesto de nuevo en operación.

MTTR (Mean time to resolve): Es el tiempo medio que se tarda en resolver completamente una falla. Esto incluye no solo el tiempo dedicado a detectar la falla, diagnosticar el problema y reparar la incidencia, sino también el dedicado a garantizar que la falla no vuelva a producirse.

2.9.2.1. Cómo calcular el tiempo medio de reparación

El MTTR se calcula sumando el tiempo total dedicado a las reparaciones durante un determinado periodo de tiempo y dividiendo ese tiempo entre el número de reparaciones, es decir:

Ecuación (4)

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo total de reparacion}}{\textit{N° de fallas}}$$

2.9.3. Importancia de las métricas MTTR y MTBF

Basado en el MTBF, el gestor de mantenimiento consigue saber cuáles son los activos más falibles, es decir, que necesitan más mantenimiento o incluso ser reemplazados.

En cuanto al MTTR, el objetivo debe ser reducirlo. La reducción del MTTR pasa por el mantenimiento preventivo para que el número de averías sea menor y, por otro lado, por la reducción del tiempo dispensado en la reparación. Aquí se trata de actuar rápidamente y preparar el equipo técnico – cuanto más temprano se contesta un incidente, más rápido se resolverá la avería.

Mientras que el MTBF mide la confiabilidad, el MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación. Estas dos métricas juntas le permiten obtener una estimación de cuánto tiempo un activo o ubicación ha estado indisponible. El análisis del MTBF

y MTTR también proporciona la posibilidad de hacer estimaciones sobre la producción (disminuye o incluso se interrumpe durante las averías).

2.10. Manual de mantenimiento

El manual es un documento indispensable para cualquier tipo y tamaño de empresa. Refleja la filosofía, política, organización, procedimientos de trabajo y control de esta área de la empresa.

El formato y contenido de cada manual dependerá de factores tales como tamaño de la empresa, el tipo de productos que elabora o servicios que brinda, los procedimientos de trabajo, equipos, instalaciones y tecnología de que se disponga y el nivel educativo-cultural de todo el personal.

En el manual de mantenimiento se indicará la Misión y Visión de la empresa, las políticas, y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse sólo los procedimientos que se aplican y las instrucciones de lenguaje afirmativo.

Periódicamente, se procederá a actualizar el Manual de Mantenimiento, eliminando las instrucciones para deberes y obligaciones que estén discontinuados e incorporando las instrucciones para las nuevas obligaciones.

La función de elaboración y actualización del manual queda bajo la responsabilidad del responsable del sistema de mantenimiento de la empresa con apoyo y la aprobación de la dirección.

Este manual debe:

- Definir y establecer el proceso operativo de mantenimiento dentro la organización en cuanto a su ejecución, coordinación y control.
- Contener documentos de implementación del manual administrativo.
- Contener todo lo relativo a aspectos de coordinación y control operacional de trabajos de mantenimiento.

- Definir y establecer la aplicación de las hojas técnicas, carpetas, registros y todo otro documento técnico para el óptimo desempeño de las labores de mantenimiento.
- Contener la identificación y clasificación de los objetos, instalaciones y entornos como también los procedimientos operativos aplicables para cada uno de ellos.
- Contener la metodología de inspección rutinaria para cada elemento de mantenimiento.
- Definir la interrelación de los cuatro elementos fundamentales.
- Definir como se realizará el llenado y verificación de datos de los documentos técnicos.
- Contener el manejo, control, mantenimiento y disposición de la información

2.11. Check list

Los listados de control, listados de chequeo, checklist u hojas de verificación, siendo formatos generados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Los datos principales de los check list son los siguientes:

- Durante la realización de actividades en las que es muy importante que no se olvide ningún paso y deben hacerse las tareas con un orden establecido.
- Realizar inspecciones donde se deja constancia de cuáles han sido los puntos inspeccionados.
- Verificar o examinar artículos.
- Examinar o analizar la localización de los defectos. Verificando las causas de los defectos.
- Verificar y analizar las operaciones.

Recopilar datos para su futuro análisis.

2.12. Manual de Procedimientos

Los manuales de procedimientos especifican y detallan un proceso, los cuales conforman un conjunto ordenado de operaciones o actividades determinadas secuencialmente en relación con los responsables de la ejecución, que deben cumplir políticas y normas establecidas señalando la duración y el flujo de documentos.

El conjunto de elementos a considerar en los manuales de procedimiento es:

OBJETIVO

Describe el propósito o resultado que se obtendrá del proceso o procedimiento.

JUSTIFICACIÓN

Describe el porqué de la existencia e importancia del proceso y lo que pasaría si no se lleva a cabo.

ALCANCE

Establece los límites que tendrá el proceso, estos se determinan a través de la identificación de los eventos de inicio y fin, así como de las etapas que incluye.

PARTICIPANTES

Los participantes son las personas, sistemas u otros procesos o procedimientos que realizan las actividades

RESPONSABILIDAD

El responsable del proceso.

2.13. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno. De ahora en adelante hablaremos de problemas como causas y de fenómeno como situación problemática.

El principio de Pareto establece dos grupos de proporciones 80-20, donde el grupo del 20% de las causas es responsable del 80% de las consecuencias y viceversa.

Esta gráfica permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben resolver primero.

Su finalidad, es hacer visibles los problemas reales que están afectando el alcanzar los objetivos de la empresa y reducir las pérdidas que esta posee.

En este sentido, utilizamos el Grafico de Pareto para:

- La mejora continua
- El estudio de implementaciones o cambios recientes (cómo estaba antes - cómo esta después)
- Análisis y priorización de problemas

Pasos para construir un diagrama de Pareto:

- a) Determina la situación problemática:** ¿Hay un problema? ¿Cuál es?
- b) Determina los problemas (causas o categorías)** en torno a la situación problemática, incluyendo el período de tiempo.
- c) Recolecta datos:** Hay una situación problemática presentándose y tienes las posibles causas que lo generan, pues entonces comienza a recolectar los datos. Estos dependerán de la naturaleza del problema.
- d) Ordena de mayor a menor:** Ordenamos de mayor a menor las causas con base en los datos que recolectamos y su medida. Si es el número de veces que se presenta un evento será por cantidad, si es por costo de desperdicios serán el tipo de producto, será en unidades monetarias.
- e) Realiza los cálculos:** A partir de los datos ordenados, calculamos el acumulado, el porcentaje y el porcentaje acumulado.
- f) Graficamos las causas:** El eje X lo destinamos a colocar las causas y usamos el eje Y izquierdo para la frecuencia de la causa.

g) Graficamos la curva acumulada: El eje Y derecho es para el porcentaje acumulado, por lo tanto, va desde 0 hasta 100%. Lo usamos para dibujar la curva acumulada.

h) Analizar el diagrama: Finalmente analizamos e interpretamos el diagrama de Pareto.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLOGICO

3.1. Nivel de diseño del proyecto

El presente proyecto tiene como problema las paradas no programadas en equipos de la línea de producción de oxígeno, para el cual se aplica un mantenimiento correctivo que realiza la empresa Importadora Jasel, para resolver este problema primeramente se requiere una investigación de campo para el diagnóstico de los equipos de la producción, con el análisis identificar un patrón de fallas más continuas y repetitivas.

Posteriormente al análisis de fallas más continuas se procederá a diseñar un programa de mantenimiento preventivo a partir de las características y necesidades de los equipos de producción, si al investigar se llegará a necesitar otro tipo de mantenimiento se combinará con este, con la finalidad de que sea aún más personalizado a sus necesidades de la empresa y sus equipos.

El proyecto comprenderá registros y análisis de las fallas de la empresa, así mismo se basará en información de la experiencia de los trabajadores y de los manuales que se puedan obtener, por lo que se concluye que el proyecto tendrá una clasificación de tipo documental y descriptiva.

3.2. Justificación del nivel de diseño

El resultado que se obtendrá del presente proyecto es una serie de pasos de mantenimiento a realizar, para el correcto funcionamiento de los equipos y así evitar las paradas no programadas, estas dan como resultado errores en producción, pérdidas de tiempo, calidad y recursos.

Tiene la clasificación de tipo documental y descriptiva ya que procura obtener, seleccionar, copilar, organizar, interpretar y analizar información sobre las fallas a partir de las fuentes documentales tales como los manuales, sitios oficiales, entrevistas de los trabajadores de la empresa y todo documento que sean de los equipos.

3.3. Descripción del diseño técnico y metodológico

3.3.1. Fase N°1: Trabajo de campo

3.3.1.1. Identificación del proceso productivo

Mediante la investigación de campo, estudiar minuciosamente el proceso productivo de los equipos que tenga la empresa, al mismo tiempo realizar el diagnóstico del estado de los mismos, sistematizando la información para posteriores usos.

3.3.1.2. Coordinación con el área de mantenimiento

Con la información obtenida de la primera investigación de campo, profundizar detalles con el personal a cargo, al mismo tiempo hacerle saber sobre las intenciones y pasos a diseñar sobre la implementación deseada.

La segunda investigación de campo será mediante una entrevista sacar al máximo información, la misma que también será documentada y sintetizada en digital y escrito.

3.3.1.3. Análisis de las fallas

Posterior a la observación minuciosa del proceso productivo, limpieza, arranque de las mismas, y la entrevista con el personal, sintetizar la información de las fallas, captando las más repetitivas y conflictivas para priorizar aquellas tareas en la serie de pasos a crear.

3.3.1.4. Sistema de codificación

Para una mejor identificación de los equipos, crear una codificación respetando normas del proceso, y colocar visiblemente dichos códigos con el objetivo que tanto el personal a cargo de mantenimiento como operarios tengan una facilidad de identificación de los equipos.

3.3.1.5. Búsqueda de recomendación de los fabricantes

Como tercera investigación de campo, realizar la búsqueda y lectura de los manuales que estén documentados en la empresa, los mismos son importantes ya que son

información de primera mano del fabricante del equipo que muchas veces los operarios desechan creando más problemas en la producción.

3.3.2. Fase N°.2: Proceso de la información

3.3.2.1. Sistematización de la información

La información encontrada sintetizar con las herramientas de mantenimiento como ser fichas técnicas, de control, check list con el objetivo de tener un mejor entendimiento y comprensión para posteriores pasos.

3.3.2.2. Organización de la documentación

Una vez recopilada y sintetizada la información, documentar la misma ordenando y organizando para crear ya un historial de la recopilación de fallas ya que con un preliminar diagnostico sabemos que la empresa carece de toda información de los equipos.

3.3.3. Fase N°.3: Diseño del proyecto

3.3.3.1. Determinación del mantenimiento de apoyo

Con la información organizada y documentada, realizar un análisis que el mismo responda a las necesidades observadas en el análisis, el mismo deberá tener un tipo de mantenimiento de apoyo ya que las averías, paros y fallas no son regidos por más estudio realizado, existen fallas sorpresivas por distintas causas que no están registradas.

Con la determinación de la combinación del tipo de mantenimiento se puede proseguir al siguiente paso que es la creación de las tareas.

3.3.3.2. Creación de las tareas

Con la información encontrada diseñar las tareas de mantenimiento que combinarán los tipos de mantenimiento, las mismas serán propuestas de revisiones diarias, limpieza, correcciones, observaciones del fabricante para las horas de parada, horas prudentes de fabricación.

3.3.3.3. Programación de inspección y controles de las tareas propuestas

Crear un sistema de control donde los operarios verifiquen el funcionamiento de la implementación de las tareas y métodos de mantenimiento propuesto, donde se registre personal y fechas impuestas cada cierta frecuencia de tiempo, y que los mismos estén documentados y registrados en un historial de observaciones encontradas en el proceso.

3.3.3.4. Creación de inventario de repuestos rápidos

La facilitación de repuestos es importante para la determinación de tiempos de corrección de averías, donde los repuestos más utilizados estén en inventario propio a fácil alcance.

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA

4.1. Descripción general de la Empresa

4.1.1. Antecedentes de la Empresa

La Importadora Jasel es una empresa que se encuentra instalada en la Ciudad de Tarija recientemente hace unos 5 años, dedicada solo a la producción oxígeno medicinal con una tecnología de punta brindando un producto de calidad al 99,6%, para su proceso de extracción requiere diversos filtros para la eliminación de impurezas físicas a través de purificadores, seguidamente pasa por un proceso de destilación criogénica.

La empresa se creó el 2009 pero empezó a funcionar a partir del 3 de enero del 2018 la iniciativa de su implementación fue de la propietaria Rosario Ramos Parada quien junto con su socio Cesar Rodríguez fundaron esta empresa.

4.1.2. Identificación de la Empresa

La importadora Jasel es una empresa establecida legalmente dedicada a la distribución de oxígeno medicinal.

Tabla IV 1-Información de la Empresa

Nombre de la Empresa	Importadora Jasel
Tipo de Empresa	Unipersonal
Gerente Propietario	Jasel Rosario Ramos Parada
Nit	1118673018
Ubicación	Zona Tablada Grande Av. Sin nombre a 30 metros del colegio de abogados.
Numero de referencia	71871975
Número de registro	145047

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.2.1. Logotipo de la Empresa

Figura IV 1-Logo de la empresa



Fuente: Elaboración de la Empresa Importadora Jasel

4.1.3. Componentes estratégicos de la Empresa

4.1.3.1. Misión

Ser la empresa líder en producción de oxígeno puro a nivel local y nacional, para dar soluciones efectivas y reales, cumpliendo con las exigencias y normas sanitarias vigentes, aplicando los más altos estándares de calidad y tecnología, buscando de esta manera posicionarnos en los mercados más exigentes como referentes de calidad y buen precio.

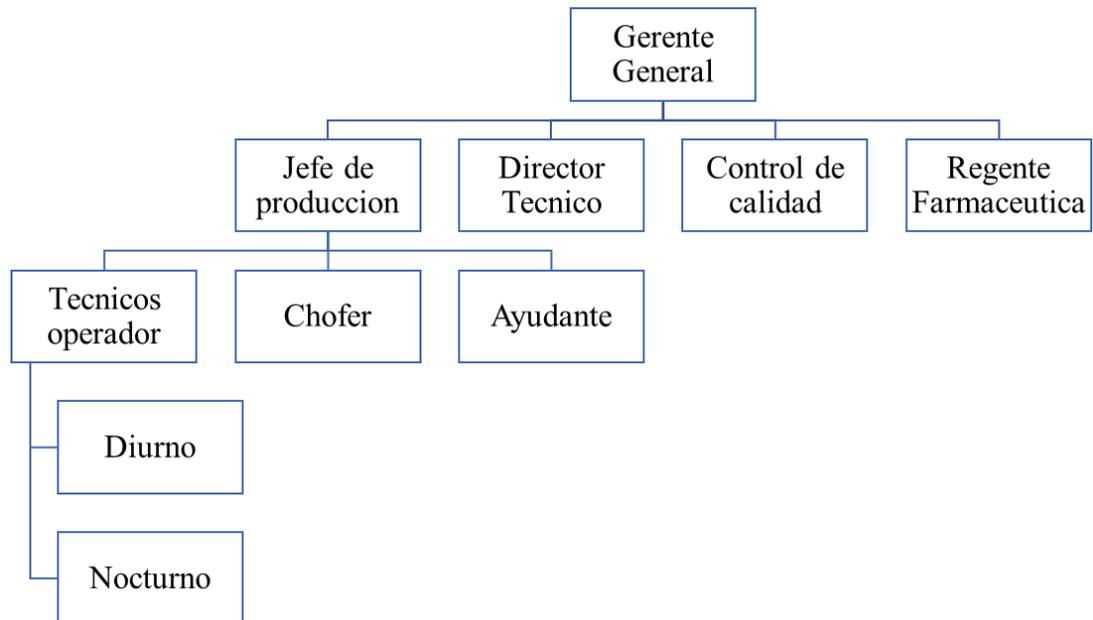
4.1.3.2. Visión

Ser una empresa líder reconocida en el mercado local y nacional en la entrega de oxígeno, garantizando en sus respectivos procesos de producción y comercialización alta calidad y pureza, satisfaciendo así las más diversas necesidades de nuestros clientes en todo momento.

4.1.4. Organización

La empresa, está compuesta por diez personas, que trabajan de manera fija durante todo el año, de la cual está estructurada de la siguiente manera:

Figura IV 2-Organigrama de la Empresa

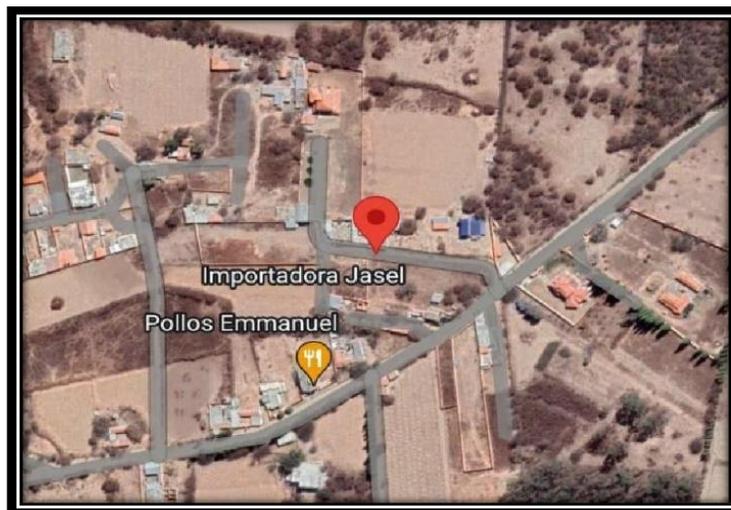


Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.5. Localización de la planta

La importadora Jasel se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija en la provincia Cercado en la Zona de Tablada Grande pasando 30 metros del colegio de abogados entrando a mano derecha diagonal Av. Sin nombre.

Figura IV 3-Localización de la Empresa



Fuente: <https://maps.app.goo.go>

4.1.6. Materia prima

El aire es una materia prima abundante que se obtiene sin coste alguno. Está compuesto principalmente por un 20,94 % de oxígeno, 78,08 % de nitrógeno, 0,93 % de argón, 0,035 % de dióxido de carbono y 0,40 % de vapor de agua, siendo estos sus componentes predominantes, que normalmente no pueden ser diferenciados ni percibidos por separado. Sin embargo, es posible licuar el aire en laboratorios (hacerlo líquido) y proceder a separar sus componentes. De esa forma se obtienen muchos de los elementos empleados en la industria química. Sus propiedades y composición varían de acuerdo a las condiciones de presión y temperatura en que estos elementos se encuentren a la hora de realizar las mediciones.

4.1.7. Productos y/o servicios

Importadora Jasel ofrece a la población su único producto el oxígeno medicinal.

El oxígeno es un elemento químico de símbolo “O” y número atómico 8. Forma parte del grupo de los anfígenos en la tabla periódica y es un elemento no metálico altamente reactivo que forma compuestos, óxidos, con la mayoría de los elementos. Así mismo es un fuerte agente oxidante y tiene la segunda electronegatividad más alta de todos los

elementos. Es el tercer elemento químico más abundante en el universo y el más abundante en la corteza terrestre, formando prácticamente la mitad de su masa.

El oxígeno es una sustancia natural que se extrae principalmente del aire, por lo tanto, se menciona como única materia prima.

El propósito esencial del oxígeno en la respiración es tomar O₂ del aire, y en la medicina, es empleado para la oxigenoterapia, que consiste en suministrarle al paciente a través de la respiración asistida; también se utiliza en concentraciones mayores para tratamientos de patologías respiratorias, quemaduras o hipoxias, reanimación.

En la siguiente tabla se resumen algunas características del oxígeno:

Tabla IV 2- Características del Oxígeno

Símbolo químico	O
Número atómico	8
Grupo	16
Periodo	2
Aspecto	Incoloro
Densidad	1.429 kg/m ³
Masa atómica	15.9994 u
Configuración electrónica	1s ² 2s ² 2p ⁴
Estructura cristalina	Cúbica
Estado	Gaseoso
Punto de fusión	50.35 K
Punto de ebullición	90.18 K
Volumen molar	17,36×10 ⁻³ m ³ /mol
Calor de específico	920 J/(Kg)
Conductividad térmica	0,026 74 W/(K·m)

Fuente: <https://www.nationalgeographic.com.es>

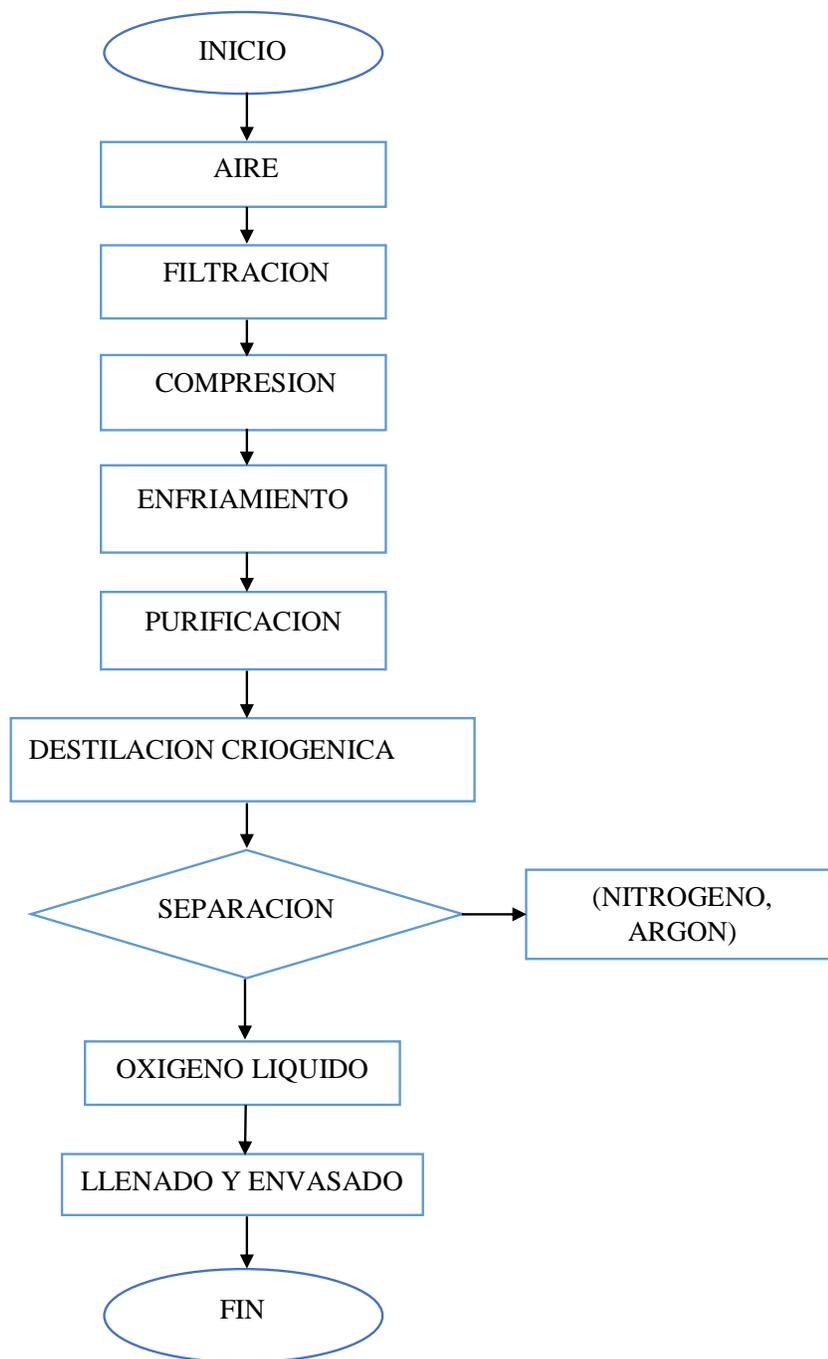
4.1.8.1. Descripción del proceso productivo

El oxígeno medicinal de la Importadora Jasel se produce gracias a un proceso cuyos pasos principales son:

- **Aire:** El aire es aspirado de la atmosfera
- **Filtrado preliminar:** En el filtrado preliminar se eliminan todas las partículas gruesas que pueden poner en riesgo la integridad de los compresores.
- **Compresión:** En el compresor el aire se comprime de manera que se reduzca la cantidad que ingresa al proceso, después de esa compresión, el aire se calienta.
- **Enfriamiento:** El aire comprimido se enfría y se seca (eliminación del agua).
- **Purificación:** El aire seco se filtra de todos los contaminantes del aire ambiente en dos purificadores A y B, el purificador **A** realiza el proceso de purificación y el purificador **B** realiza el proceso de auto limpieza (eliminación de impurezas).
- **Destilación Criogénica:** El aire limpio y seco entra a la columna de enfriamiento donde se enfría hasta una temperatura criogénica inferior a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al llegara esta temperatura se separa el oxígeno al 99.6 % del nitrógeno mediante una destilación criogénica.
- **Envasado:** Posteriormente se procede al llenado de cilindros de 10 o 12 cm³.

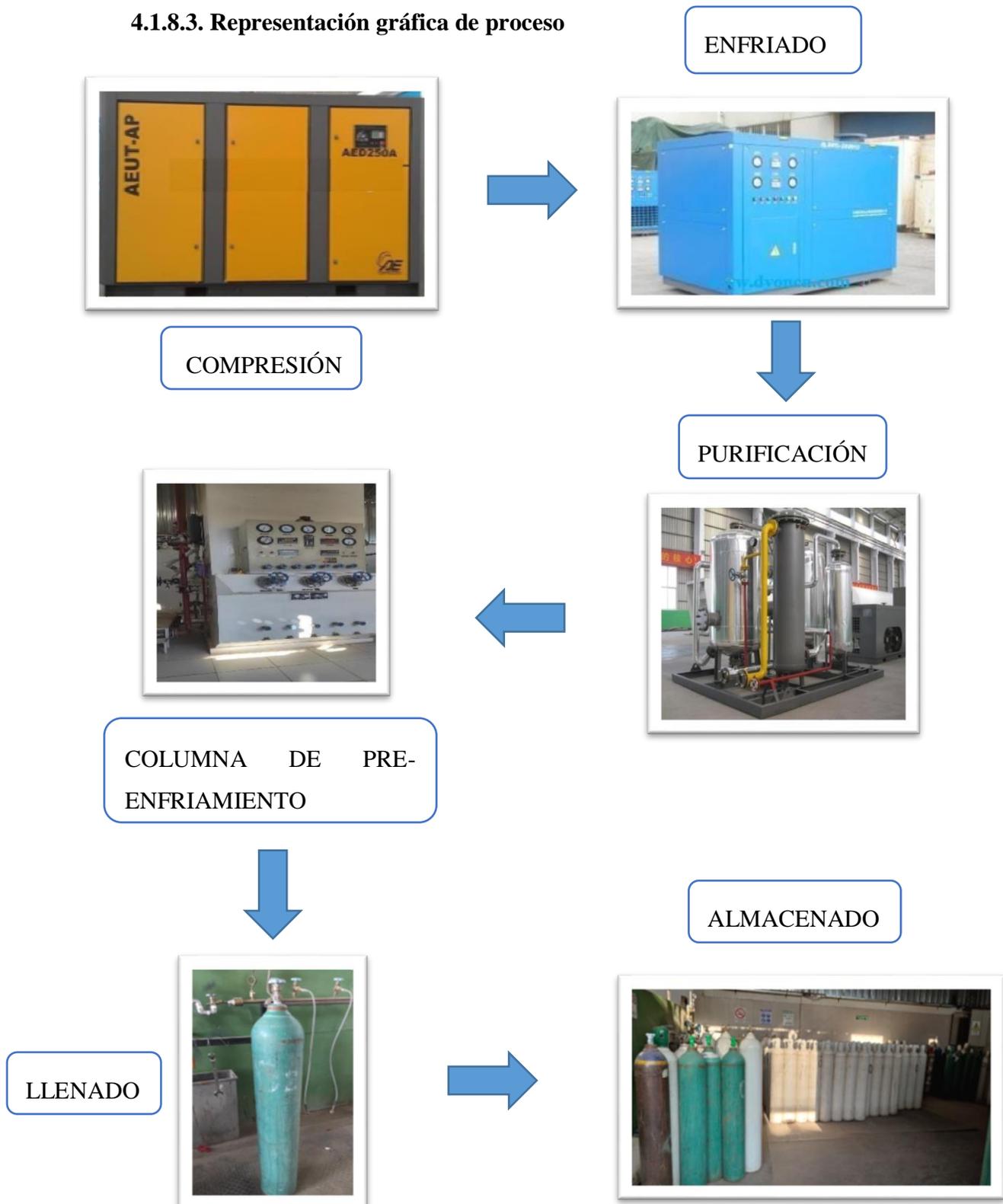
4.1.8.2. Diagrama de flujo del proceso productivo

Figura IV 4-Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.8.3. Representación gráfica de proceso



4.1.8.4. Cursograma analítico

Es una representación gráfica de un proceso que muestra la secuencia cronológica de todas las actividades que la conforman (operación, transporte, demora, almacenamiento, inspección) desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado.

Para hacer constar en un gráfico todo lo referente a un trabajo o actividad resulta mucho más fácil emplear una serie de símbolos uniformes, que sirven para representar todos los tipos de actividades o sucesos que se darán. La simbología a utilizar es la siguiente:

- **Operación:** Cambio transformación en algún componente del producto.
- **Transporte:** Es la acción de movilizar de un sitio a otro algún elemento en determinada operación de o hacia algún punto de almacenamiento o demora.
- Ⓛ **Demora:** Se presenta generalmente cuando existe cuello de botella en el proceso y hay que esperar turno para efectuar la actividad correspondiente.
- ▼ **Almacenamiento:** Tanto de materia prima de productos en proceso o productos terminados.
- **Inspección:** Es la acción de controlar que se efectúe correctamente una operación, transporte o verificar la calidad del producto.

A continuación, se representa el Cursograma análogo del proceso de la producción de oxígeno criogénico:

Cuadro IV 1-Cursograma analítico

CURSOGRAMA ANALITICO DEL PROCESO							
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N° __1__			Operar	X	Mater	Maqui.	
Proceso: Produccion de Oxigeno		RESUMEN					
Fecha: 25/6/2023		SIMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.	
El estudio Inicia: Cuando se inicia el proceso			Operacion	11	10	-10%	
Metodo: Actual: _1_ Propuesto: _1_			Transporte	1	1	0%	
Producto: Oxigeno Medicinal			Inspeccion	1	0	-10%	
Elaborado por: Marcelo Sandoval			Espera	1	0	-10%	
			Almacenaje	1	1	0%	
		Total de Actividades realizadas		15	12	-21%	
		Distencia metros		11	9	-28%	
NUMERO	DESCRIPCION DEL PROCESO	Dstancia metros	SIMBOLOS PROCESOS				
							
1	Realizar el encendido de los equipos de toda la linea de produccion		•				
2	Comprobar la aspiración del aire de la atmosfera de gases (oxigeno, nitrogeno, argon y otros)		•				
3	Inspeccionar la filtracion del aire aspirado mediante el compresor para eliminar las partículas.		•				
4	Examinar la compresión del aire ingresado.		•				
5	Verificar en el tablero de control del enfriador la temperatura de entrada de 20 a 34°C	1,0	•				
6	Controlar la salida de enfriamiento del aire a una temperatura de 3.5°C		•				
7	Verificar el filtrado molecular a través de los purificadores uno elimina las impurezas mientras el otro se autolimpia	2,0	•				
8	Controlar la destilacion criogenica en la columna de enfriamiento	1,0	•				
9	Examinar la extracción del oxígeno líquido		•				
10	Realizar el llenado de oxigeno en cilindros de 10 o 12 cm3	2,0	•				
11	Almacenar los cilindros de oxigeno	3,0					•
12	Entregar al Cliente			•			
		9,0 mtrs					

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.8.5. Cursograma sinóptico

Representa gráficamente un cuadro general cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente las principales operaciones e inspecciones. Por ende, se utilizarán solo símbolos de procesos e inspecciones.

Cuadro IV 2-Cursograma sinóptico

CURSOGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO												
Diagrama N°	1			Hoja N°	1 de 1	Metodo :	Original					
Producto:	Oxigeno Medicinal			Operarios:								
				Lugar:								
Proceso:	Produccion de Oxigeno Medicinal			Elaborado por:		Marcelo Sandoval Vargas						
				Aprobado por:								
Pieza/ Material	Indice	DESCRIPCION	SIMBOLOS									
DESTILACION CRIOGENICA	PURIFICACION	ENFRIAMIENTO	COMPRESION	LINEA DE PRODUCCION			Operación					
						LINEA DE PRODUCCION						
					OP1	Encendido de los equipos						
					IN1	Verificado con el analizador de gases el oxigeno	Inspección					
					OP2	Lenado de los cilindros de 10 o 12 cm3						
											COMPRESION	REALIZO
										IN2	Verificacion del compresor	Marcelo Sandoval Vargas
					OP3	Filtrado del aire absorbido	FECHA					
						ENFRIAMIENTO	25/7/2023					
					OP4	Enfriamiento del aire comprimido	NOTAS					
						PURIFICACION						
					IN3	Inspeccion de los Purificadores						
					OP5	Purificacion del aire seco						
						DESTILACION CRIOGENICA						
					IN4	Verificacion de la temperatura sea inferior -170 °C						
					OP6	Produccion del oxigeno al 99,6%						

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.9. Equipos

Entre los equipos presentes en la empresa se detalla en el siguiente cuadro algunas especificaciones de las mismas:

Cuadro IV 3-Compresor de aire de tornillo

Compresor de aire de tornillo		
Fabricante: DYON		
Tipo	Aceite en aerosol, tornillo	
Flujo	10,5 m3/min	
Presión laboral	8 bar	
Consumo de energía	75 KW 380 V	
Dimensión	2200×1230×1700mm	
Peso	1900 kg	
Año de fabricación	2014	

Fuente: Datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 4-Unidad de pre enfriamiento

Unidad de pre enfriamiento		
Fabricante: DYON		
Tipo	SAYL-780/8	
Flujo	780m3/h	
Presión laboral	8 bar	
Temperatura de entrada de aire	de $\leq 45^{\circ}\text{C}$	
Temperatura de salida del aire	5~8 $^{\circ}\text{C}$	
Consumo de energía	6.8 KW	
Peso	680 kg	

Fuente: Datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 5-Purificador

Purificador		
Fabricante: DYON		
Tipo	HXK-780/8	
Flujo	780m ³ /h	
Presión laboral	8 bar	
Absorber agente	13X Molecular sieve	
Cambiar el tiempo	8 h	
Potencia del calentador	15KW	

Fuente: Datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 6-Columna de enfriamiento

Columna de enfriamiento		
Fabricante: DYON		
Tipo	KZO-50	
Salida de oxígeno	50 m ³ /h	
Pureza de oxígeno	≥99.6%	
Presión laboral	≤0.8Mpa	
Período de trabajo	360 días	
Año de Fabricación	2014	

Fuente: Datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 7-Bomba de Oxígeno

Bomba de oxígeno		
Fabricante: DYON		
Tipo	BPO-30-80/0.8	
Flujo	30-80L/h	
Presión máxima de entrega	8 bar	
Potencia del motor	3KW	
Presión	16.5 MPa	

Fuente: Datos de la empresa, 2023.

Como se puede observar en cada cuadro se encuentra las especificaciones de cada equipo de la empresa Importadora Jasel.

Conocer estas especificaciones es fundamental para realizar un mantenimiento preventivo, los operadores deben conocer muy bien a los equipos de la empresa porque esto ayudara a tener un mejor control y aplicación de un buen mantenimiento.

4.1.10. Lay Out - Distribución de la planta

Figura IV 5-Distribución de la planta



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

4.1.11. Eliminación de efluentes

De acuerdo a la norma ISO 14001, determina en nuevo enfoque para el tratamiento de los residuos, facilitando una serie de pasos comunes aplicables a cada programa de gestión de residuos de una empresa:

- Evaluación e identificación de residuos

Mediante la categorización de los desechos se puede establecer información para su manejo en las instalaciones, sabiendo cuales son o no peligrosos, reutilizables, y valoración dentro de la normativa.

- Almacenar correctamente los residuos

Una vez clasificados los residuos, tanto si se trata de mantenerlos de forma segura hasta su recogida, como si se van a reutilizar in situ, hay que disponer de contenedores específicos y adecuados a la clasificación que correspondan.

- Además, los contenedores deben estar correctamente etiquetados, o identificados con su tipo de contenido.

- A la hora de transportar residuos peligrosos la empresa responsable debe de contar con una autorización específica para el traslado de estos tipos de residuos, formar a los transportistas en normas y otras cuestiones relacionadas con este tipo de desechos, contar con las específicas credenciales del vehículo de transporte, y un seguro de RC.

En la Importadora Jasel se identificó como único residuo al aceite que se cambia en las maquinas clasificándolo como residuo peligroso, pero igual se lo puedo reutilizar.

A este residuo se lo almacena en tambores plásticos para luego poder transportarlo mediante una autorización específica del jefe de producción.

4.2. Diagnóstico de la situación actual de los equipos

Para diagnosticar la situación actual de los equipos de la empresa Importadora Jasel se realiza la siguiente recopilación de fallas de cada equipo.

4.2.1. Recopilación de fallas

La recopilación de las fallas es el trabajo minucioso en el cual se levantan datos sustanciales para determinar con mayor precisión las tareas a ser realizadas en el mantenimiento preventivo.

Para la recopilación de datos se realiza una entrevista al jefe de producción, en la cual indica las paradas no programadas que se presentaron en la línea de producción de oxígeno en los últimos años y el tiempo que éstas estuvieron varadas, para su solución se basó en las especificaciones de los manuales de cada equipo, concluyo que todo arreglo de las fallas fue realizado de manera empírica sin ningún método a seguir,

tratando de que sea lo más rápido posible para evitar mayor tiempo, aplicando así un mantenimiento correctivo.

Cuadro IV 8-Compresor de aire tornillo

Cod Doc: MTOR-01		Cod Equipo: COM-1		
N°	Paradas no programadas	Tiempo de parada por reparación	Tiempo de parada por pedido	Solución
1	Refrigeración insuficiente dentro del motor	27 horas		Limpieza del radiador
2	El sistema de drenaje automático no está bien	15 horas		Retirar la suciedad de la tubería
3	Desgaste del filtro de aceite	8 horas	45 días	Cambio de filtro de aceite
4	Desgaste de las piezas del compresor	8 horas	45 días	Cambio de aceite
5	Extracción de aire contaminado por deterioro interno del filtro	8 horas	45 días	Cambio de filtro de aire
6	Aceite contaminado	10 horas	45 días	Cambio de filtro de separador
7	Filtro contaminado	10 horas	45 días	Cambio de filtro de paso

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 9-Unidad de pre enfriamiento

Cod Doc: MTOR-01		Cod Equipo: UNI-1		
N°	Paradas no programadas	Tiempo de parada por reparación	Tiempo de parada por pedido	Solución
1	El pre enfriador no puede funcionar	2 horas		Cambiar el fusible
2	La alta presión del refrigerante es demasiado alta	6 días		Limpiar el condensador
3	La alta presión del refrigerante es demasiado baja	24 horas	45 días	Cambiar el anillo del pistón
4	La temperatura de salida de aire es demasiado alta	8 horas	45 días	Cambiar el controlador de temperatura
5	La presión para comprimir el aire cae demasiado	8 horas	45 días	Cambio de filtro de aire

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 10-Columna de enfriamiento

Cod Doc: MTOR-01		Cod Equipo: COL-1		
N°	Paradas no programadas	Tiempo de parada por reparación	Tiempo de parada por pedido	Solución
1	Obstrucción de tuberías	7 días		Limpieza de la columna de enfriamiento
2	Válvulas de regulación dañadas	2 días	45 días	Cambio de válvulas
3	Turbina desgastada	2 días	45 días	Cambio de turbina

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 11-Purificador

Cod Doc: MTOR-01		Cod Equipo: PUR-11	
N°	Paradas no programadas	Tiempo de parada	Solución
1	Válvulas de regulación en mal estado	8 hrs	Engrasado de válvulas
2	Obstrucción de tuberías	8 hrs	Limpieza de las tuberías

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Cuadro IV 12-Bomba de oxígeno

Cod Doc: MTOR-01		Cod Equipo: COL-1		
N°	Paradas no programadas	Tiempo de parada por reparación	Tiempo de parada por pedido	Solución
1	Correas desgastadas	4 hrs		Cambio de correas
2	Anillas en mal estado	2 días	45 días	Cambio de anillas

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Los cuadros demuestran las paradas no programadas, el tiempo de parada por reparación y por pedido y la solución de estas paradas.

4.2.2. Análisis de las fallas y riesgos

El análisis de fallas se realiza mediante la aplicación de las distintas herramientas como ser una matriz de riesgos, AMFE y diagrama de Pareto, que nos permite observar mejor las fallas y clasificarlas según su prioridad y al mismo tiempo, se analiza los riesgos que causan las fallas para sumarle aún más la importancia del mantenimiento de los equipos.

4.2.2.1. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto ayudara a dar mayor importancia a las fallas con su estrategia de mostrarnos las fallas más importantes por su frecuencia o incidencia que de las que no son tan reiterativas.

Se identificará cuáles son las fallas que proporcionan mayor inconveniente en los equipos de la línea de producción para así tomar medidas de acciones preventivas.

La importadora Jasel no cuenta con un registro de fallas que pueda manejar o tener un seguimiento exacto de la misma, por lo tanto, el diagrama se elaboró con datos de la recopilación de fallas de cada equipo. Los datos de frecuencia son datos estimados de acuerdo a las fallas repetitivas proporcionadas tanto por el jefe de planta y por los operadores mediante una entrevista realizada.

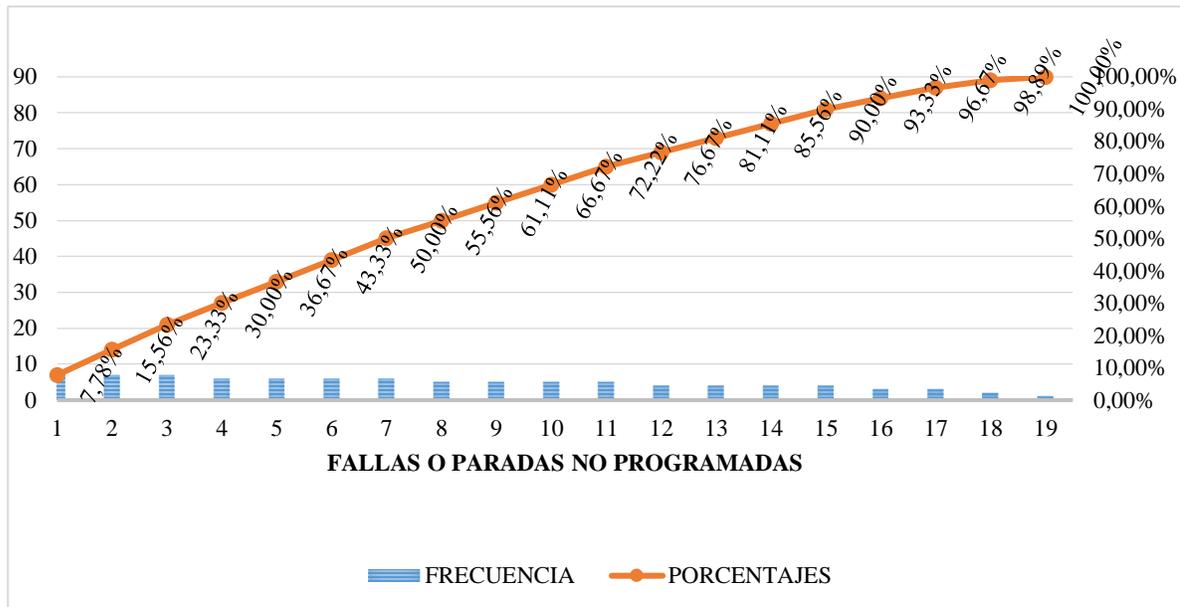
Tabla IV 3-Análisis de fallas de toda la línea de producción de oxígeno

ANALISIS DE FALLAS				
FACTOR	FALLA	FRECUENCIA	%	ACUMULADO
1	Extracción de aire contaminado por deterioro interno del filtro	7	7,78%	7,78%
2	Desgaste de las piezas del compresor	7	7,78%	15,56%
3	Anillas en mal estado	7	7,78%	23,33%
4	Refrigeración insuficiente dentro del motor	6	6,67%	30,00%
5	Desgaste del filtro de aceite	6	6,67%	36,67%
6	Aceite contaminado	6	6,67%	43,33%

7	Filtro contaminado	6	6,67%	50,00%
8	La presión para comprimir el aire cae demasiado	5	5,56%	55,56%
9	Válvulas de regulación en mal estado	5	5,56%	61,11%
10	Correas desgastadas	5	5,56%	66,67%
11	El sistema de drenaje automático no está bien	5	5,56%	72,22%
12	El pre enfriador no puede funcionar	4	4,44%	76,67%
13	La alta presión del refrigerante es demasiado baja	4	4,44%	81,11%
14	Válvulas de regulación dañadas	4	4,44%	85,56%
15	Turbina desgastada	4	4,44%	90,00%
16	La alta presión del refrigerante es demasiado alta	3	3,33%	93,33%
17	La temperatura de salida de aire es demasiado alta	3	3,33%	96,67%
18	Obstrucción de tuberías	2	2,22%	98,89%
19	Obstrucción de tuberías	1	1,11%	100,00%
	TOTAL	90	100,00%	

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

Grafica IV 1-Fallas de toda la línea de producción



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Interpretación:

En el diagrama de Pareto se puede observar diez actividades comprenden el 61.1 % de los tipos de fallas son extracción de aire contaminando (7.78%), desgaste de la piezas del compresor (15.56%), anillas en mal estado (23.33%), refrigeración insuficiente dentro del motor (30%), desgastes del filtro de aceite (36.67%), aceite contaminado (43.33%), filtro contaminado (50%), la presión para comprimir el aire cae demasiado (55.56%) y válvulas de regulación en mal estado (61.1%).

4.2.2.2. Matriz De Riesgos

Para realizar la matriz de riesgos se siguen los siguientes pasos:

El primer paso es describir cada riesgo con su falla, se observa a continuación en el siguiente cuadro las fallas con más reiteración que se pudo distinguir en el trabajo de campo realizado.

Cuadro IV 13-Descripción de Fallas

N°	Equipos	Riesgo	Falla
1	Compresor	Afecta la calidad del producto	Extracción de aire contaminado por deterioro interno del filtro
2	Compresor	Disminución en su vida útil	Desgaste de las piezas del compresor
3	Bomba	No genera una buena compresión	Anillas en mal estado
4	Compresor	Temperatura del aire alta	Refrigeración insuficiente dentro del motor
5	Compresor	El compresor funciona con menos eficiencia	Desgaste del filtro de aceite
6	Compresor	Desgaste de las piezas del compresor	Aceite contaminado
7	Compresor	Degradación de la calidad de oxígeno	Filtro contaminado
8	Enfriador	Compresión del aire inadecuada	La presión para comprimir el aire cae demasiado
9	Purificador	Variación del flujo de aire	Válvulas de regulación en mal estado
10	Bomba	Se pierde la sincronización del pistón	Correas desgastadas
11	Compresor	El enfriador falla	El sistema de drenaje automático no está bien
12	Enfriador	El aire comprimido no se enfría	El pre enfriador no puede funcionar
13	Enfriador	Refrigerante insuficiente o fuga	La alta presión del refrigerante es demasiado baja
14	Columna	No se produce oxígeno	Válvulas de regulación dañadas

15	Columna	No enfría a la temperatura adecuada	Turbina desgastada
16	Enfriador	Flujo de agua pequeño o temperatura demasiado alta	La alta presión del refrigerante es demasiado alta
17	Enfriador	El refrigerante no funciona bien	La temperatura de salida de aire es demasiado alta
18	Columna	El flujo de aire disminuye	Obstrucción de tuberías
19	Purificador	El flujo de aire no llega a ser purificado	Obstrucción de tuberías

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

En el siguiente cuadro se observa la categorización mediante la multiplicación de los factores establecidos a cada falla por la tabla de valores que indica la matriz, a su misma vez se ordena por su categorización de mas importante a menos respectivamente de lo que arroje el resultado y de cada falla se debe otorgar una medida de control.

Tabla IV 4-Categorización de Riesgos

N°	P	S	P*S	Significancia	Medidas de control
1	5	4	20	Intolerable	Cambio de filtro de aire
2	4	4	16	Intolerable	Cambio de aceite
3	4	4	16	Intolerable	Cambio de anillas
4	4	3	12	Importante	Limpieza del radiador
5	3	4	12	Importante	Cambio de filtro de aceite

6	3	4	12	Importante	Cambio de filtro de separador
7	3	4	12	Importante	Cambio de filtro de paso
8	3	4	12	Importante	Cambio de filtro de aire
9	4	3	12	Importante	Engrasado de válvulas
10	3	4	12	Importante	Cambio de correas
11	3	3	9	Moderado	Retirar la suciedad de la tubería
12	2	4	8	Moderado	Cambiar el fusible
13	2	4	8	Moderado	Cambiar el anillo del pistón
14	2	4	8	Moderado	Cambio de válvulas
15	2	4	8	Moderado	Cambio de turbina
16	2	3	6	Bajo	Limpiar el condensador
17	1	4	4	Bajo	Cambiar el controlador de temperatura

18	2	2	4	Bajo	Limpieza de la columna de enfriamiento
19	2	2	4	Bajo	Limpieza de las tuberías

Fuente: Elaboración Propia con datos de la Empresa, 2023.

4.2.2.3. AMFE: Análisis modal de fallos y efectos

En este análisis de fallas se examina las mismas fallas del punto anterior, para poder determinar las posibles fallas futuras, más específicamente los modos de fallo y clasificarlos según su importancia.

Para realizar la matriz AMFE se siguen los siguientes pasos:

Primer paso. - Generar una lista de todos los modos de falla

Segundo paso. - Determinar y analizar los efectos y causas de los modos de falla

Tercer paso. - Asignar un valor de S, O y D a cada modo de fallo, como se observa a continuación en el siguiente cuadro.

Una vez asignados estos valores se los multiplica entre ellos para obtener el valor de NPR (Número de prioridad de falla) y el valor de CRIT (criticidad) de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$NPR = S * O * D$$

$$Crit = S * O$$

El valor generado establece la jerarquización de las fallas analizadas de acuerdo al NPR (Número de prioridad de falla).

Tabla IV 5-Análisis de falla por el método AMFE

N°	Modo de fallo	D	Efecto de fallo	S	Causa de fallo	O	NPR	Crit	Acciones Recomendadas
1	Extracción de aire contaminado por deterioro interno del filtro	3	Afecta la calidad del producto	10	Desgaste del filtro de aire	8	240	80	Cambio de filtro de aire
2	Filtro contaminado	5	Degradación de la calidad de oxígeno	9	Presencia de partículas sólidas	5	225	45	Cambio de filtro de paso
3	La presión para comprimir el aire cae demasiado	6	Compresión del aire inadecuada	7	Partículas retenidas en la superficie del filtro	5	210	35	Cambio de filtro de aire
4	Desgaste de las piezas del compresor	4	Disminución en su vida útil	7	Deterioro del aceite	7	196	49	Cambio de aceite
5	Aceite contaminado	3	Desgaste de las piezas del compresor	8	Presencia de partículas sólidas o metálicas	8	192	64	Cambio de filtro de separador
6	Anillas en mal estado	3	No genera una buena compresión	7	Desgaste de anillas	9	189	63	Cambio de anillas
7	Desgaste del filtro de aceite	4	El compresor funciona con menos eficiencia	9	Acumulación de suciedad	5	180	45	Cambio de filtro de aceite
8	Refrigeración insuficiente dentro del motor	5	Temperatura del aire alta	7	Radiador obstruido	5	175	35	Limpieza del radiador
9	Correas desgastadas	3	Se pierde la sincronización del pistón	7	Uso de funcionamiento	8	168	56	Cambio de correas

10	El sistema de drenaje automático no está bien	5	El enfriador falla	10	El drenaje automático está atascado debido a la suciedad	3	150	30	Retirar la suciedad de la tubería
11	Válvulas de regulación en mal estado	4	Variación del flujo de aire	6	Falta de lubricación	6	144	36	Engrasado de válvulas
12	La alta presión del refrigerante es demasiado alta	5	Flujo de agua pequeño o temperatura demasiado alta	5	Obstrucción del condensador	5	125	25	Limpiar el condensador
13	Obstrucción de tuberías	5	El flujo de aire no llega a ser purificado	8	Acumulación de partículas solidas	3	120	24	Limpieza de las tuberías
14	El pre enfriador no puede funcionar	3	El aire comprimido no se enfría	8	Fusible de bajo amperaje	5	120	40	Cambiar el fusible
15	La alta presión del refrigerante es demasiado baja	5	Refrigerante insuficiente o fuga	7	Desgaste del anillo del pistón	3	105	21	Cambiar el anillo del pistón
16	Obstrucción de tuberías	5	El flujo de aire disminuye	6	Acumulación de partículas solidas	3	90	18	Limpieza de la columna de enfriamiento
17	Válvulas de regulación dañadas	4	No se produce oxígeno	10	Válvulas desgastadas	2	80	20	Cambio de válvulas
18	Turbina desgastada	3	No enfría a la temperatura adecuada	8	Corrosión en los discos del rotor	3	72	24	Cambio de turbina
19	La temperatura de salida de aire es demasiado alta	5	El refrigerante no funciona bien	9	Controlador de temperatura descalibrado	1	45	9	Cambiar el controlador de temperatura

Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

Como se puede verificar en la Tabla IV- 5 de la matriz AMFE los resultados obtenidos de la criticidad de acuerdo a su efecto y causa de fallo determinan las fallas más críticas como ser: extracción de aire contaminado por deterioro interno del filtro **(80)**, aceite contaminado **(64)**, anillas en mal estado **(63)** y correas desgastadas **(56)**.

4.3. Actual sistema de mantenimiento

En la empresa Importadora Jasel actualmente se aplica un sistema de mantenimiento que se basa totalmente en un mantenimiento correctivo, eso quiere decir que ejecutan tareas de mantenimiento solo cuando los equipos lo necesitan, ya sea porque estos están presentando fallas o se encuentran parados e inoperantes por algún inconveniente técnico.

Las causas habituales de los fallos son generalmente una o hasta varias, estas pueden ser: por un fallo en el material, por un error humano del personal de operación o por condiciones externas anómalas.

4.3.1. Descripción detallada del proceso de mantenimiento correctivo

4.3.1.1. Descripción del proceso de mantenimiento del compresor aire tornillo

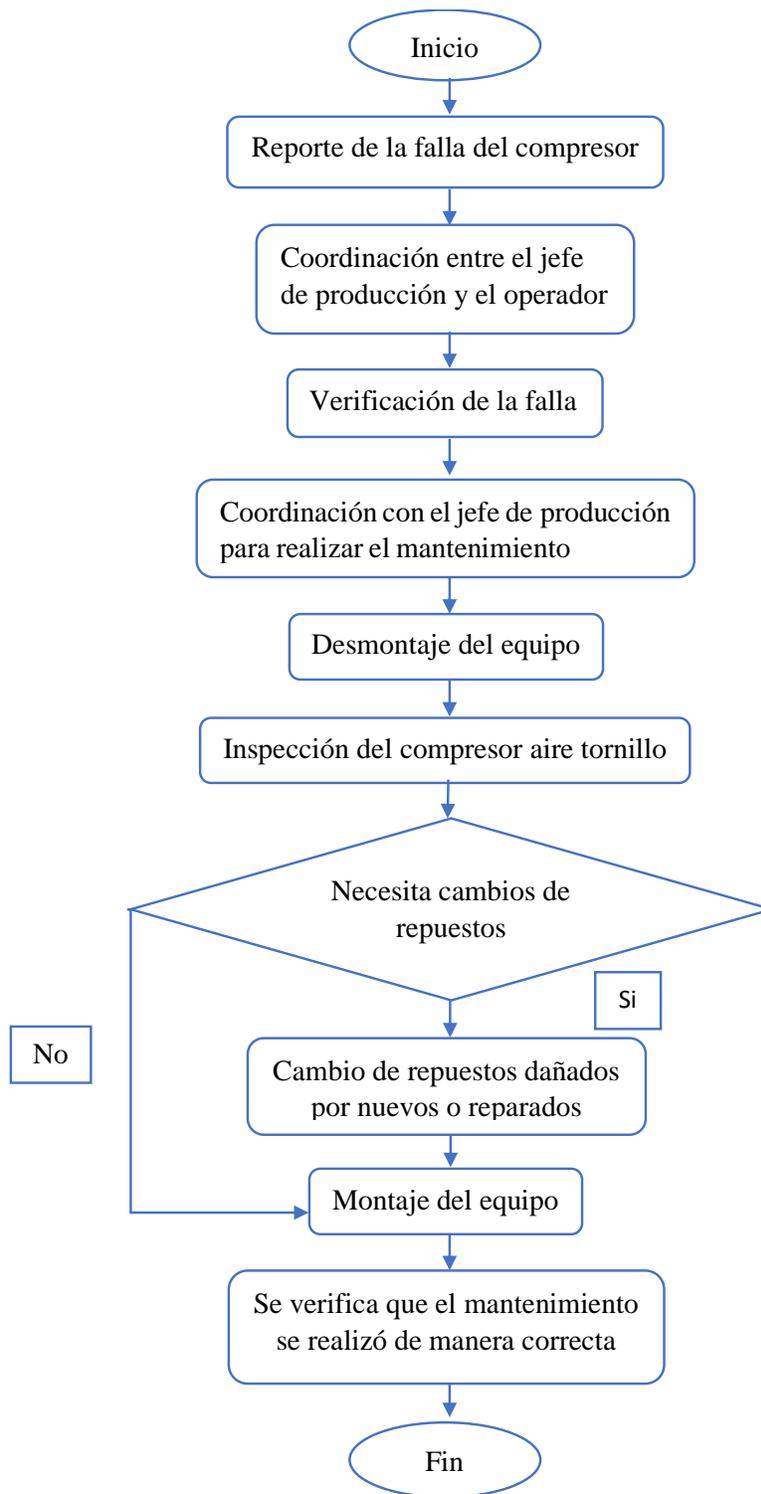
El proceso de mantenimiento para el compresor aire tornillo se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador realiza el reporte de falla al jefe de producción.
- **Coordinación entre el jefe de producción y el operador:** El jefe de producción coordina con el operador que procederá a verificar la falla.
- **Verificación de la falla:** El operador se dirige al compresor de aire tornillo y verifica si la falla es producida en el tablero de control o en el equipo.
- **Coordinación con el jefe de producción para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe de producción para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Desmontaje del compresor aire tornillo:** Una vez que se programó la intervención se procede a realizar el desmontaje del equipo.
- **Inspección del compresor aire tornillo:** Una vez que se desmonto se procede

a verificar las partes dañadas.

- **Necesita cambios de repuestos:** En el caso que no necesite repuestos se procede al montaje del compresor aire tornillo y en caso que si se necesiten repuestos se procede a repararlo o realizar la compra del repuesto.
- **Cambio de repuestos dañados por nuevos o reparados:** Una vez que se tienen los repuestos se proceden a cambiarlos para después realizar el montaje
- **Montaje del equipo:** Una vez que se tiene lo necesario para el montaje se procede a realizar el montaje del compresor aire tornillo.
- **Se verifica que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe de producción verifica que el trabajo se realizó de manera correcta.

Figura IV 6-Proceso de mantenimiento del compresor aire tornillo



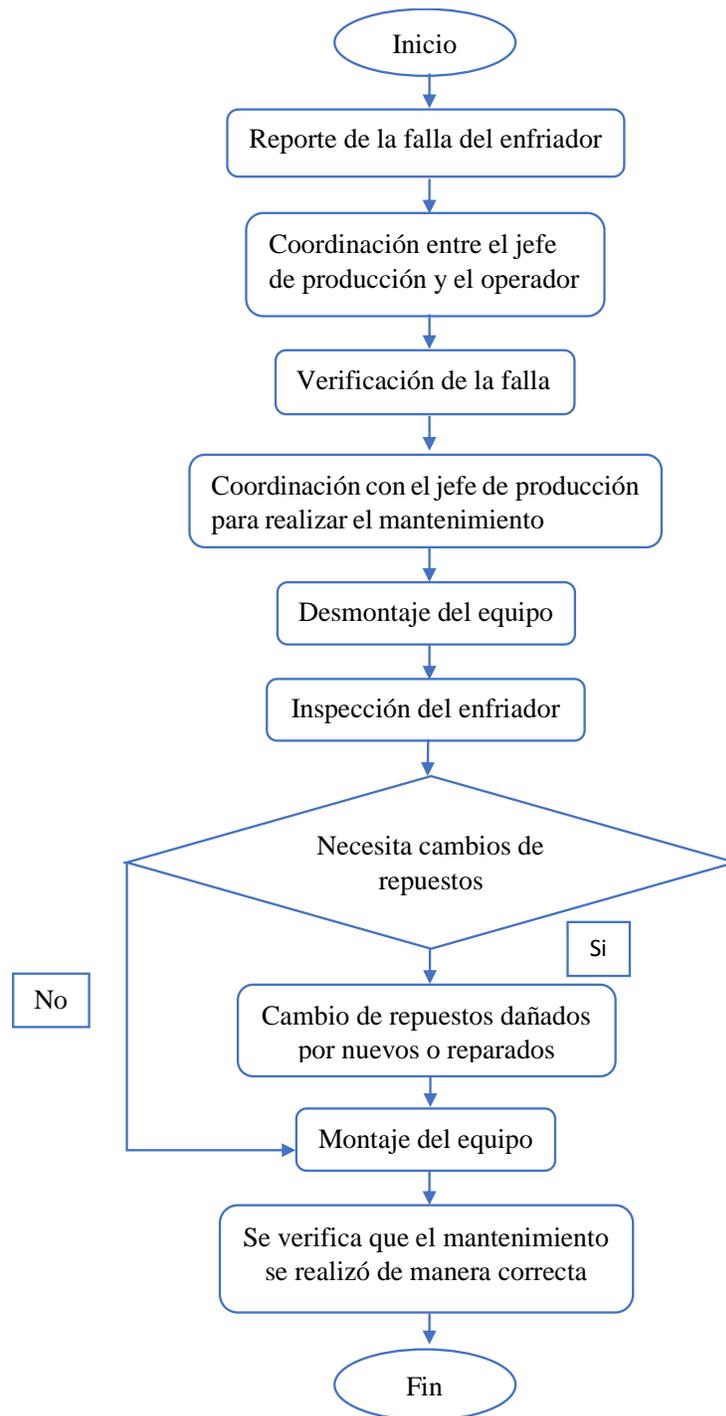
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.3.1.2. Descripción del proceso de mantenimiento de la unidad de pre-enfriamiento

El proceso de mantenimiento para la unidad de pre-enfriamiento se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador realiza el reporte de falla al jefe de producción.
- **Coordinación entre el jefe de producción y el operador:** El jefe de producción coordina con el operador que procederá a verificar la falla.
- **Verificación de la falla:** El operador se dirige a la unidad de pre-enfriamiento y verifica si la falla es producida en el tablero de control o en el equipo.
- **Coordinación con el jefe de producción para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe de producción para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Desmontaje de la unidad de pre-enfriamiento:** Una vez que se programó la intervención se procede a realizar el desmontaje del equipo.
- **Inspección de la unidad de pre-enfriamiento:** Una vez que se desmonto se procede a verificar las partes dañadas.
- **Requiere cambios de repuestos:** En el caso que no necesite repuestos se procede al montaje de la unidad de pre-enfriamiento y en caso que si se necesiten repuestos se procede a repararlo o realizar la compra del repuesto.
- **Cambio de repuestos dañados por nuevos o reparados:** Una vez que se tienen los repuestos se proceden a cambiarlos para después realizar el montaje
- **Montaje del equipo:** Una vez que se tiene lo necesario para el montaje se procede a realizar el montaje de la unidad de pre-enfriamiento.
- **Verificar que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe de producción verifica que el trabajo se realizó de manera correcta.

Figura IV 7- Proceso de mantenimiento de la unidad de Pre-enfriamiento



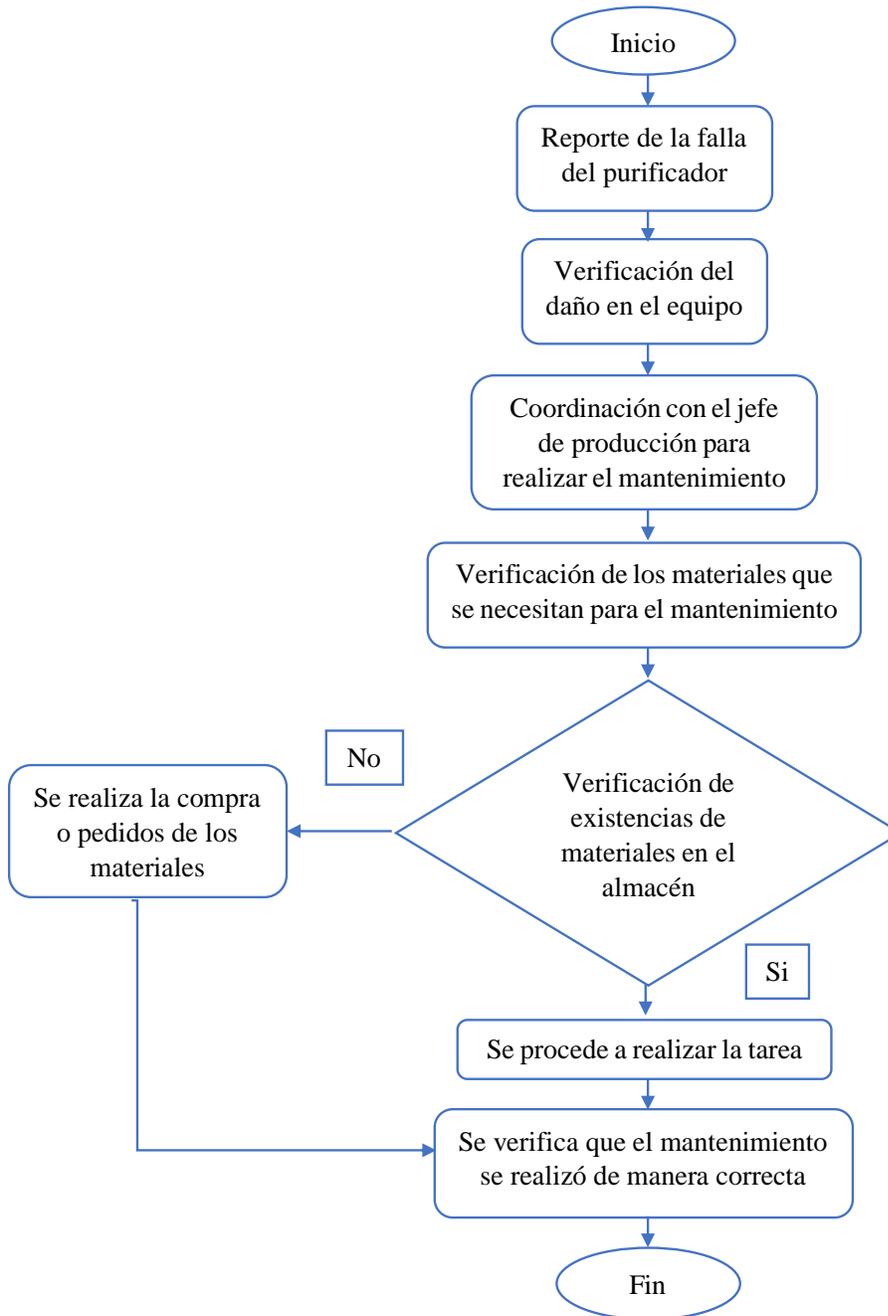
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.3.1.3. Descripción del proceso de mantenimiento del purificador

El proceso de mantenimiento para el purificador se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador a cargo realiza el reporte de falla al jefe de producción.
- **Verificación del daño en el equipo:** El personal a cargo de mantenimiento se traslada al purificador para verificar el daño en el equipo.
- **Coordinación con el jefe de producción para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe de producción para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Verificación de los materiales que se necesitan para el mantenimiento:** Una vez que se programó el trabajo el personal a cargo de mantenimiento procede a verificar los materiales que son necesarios para llevar a cabo el trabajo.
- **Verificación de existencias de materiales en almacén:** Se procede a verificar si hay existencias de los materiales en el almacén, caso contrario se procede a solicitar al jefe de producción para la compra de los materiales necesarios.
- **Se procede a realizar la tarea:** Una vez que se tienen los materiales necesarios se procede a realizar el trabajo de mantenimiento al purificador.
- **Se verifica que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe de producción verifica que el trabajo se realizó de manera correcta.

Figura IV 8- Proceso de mantenimiento del Purificador



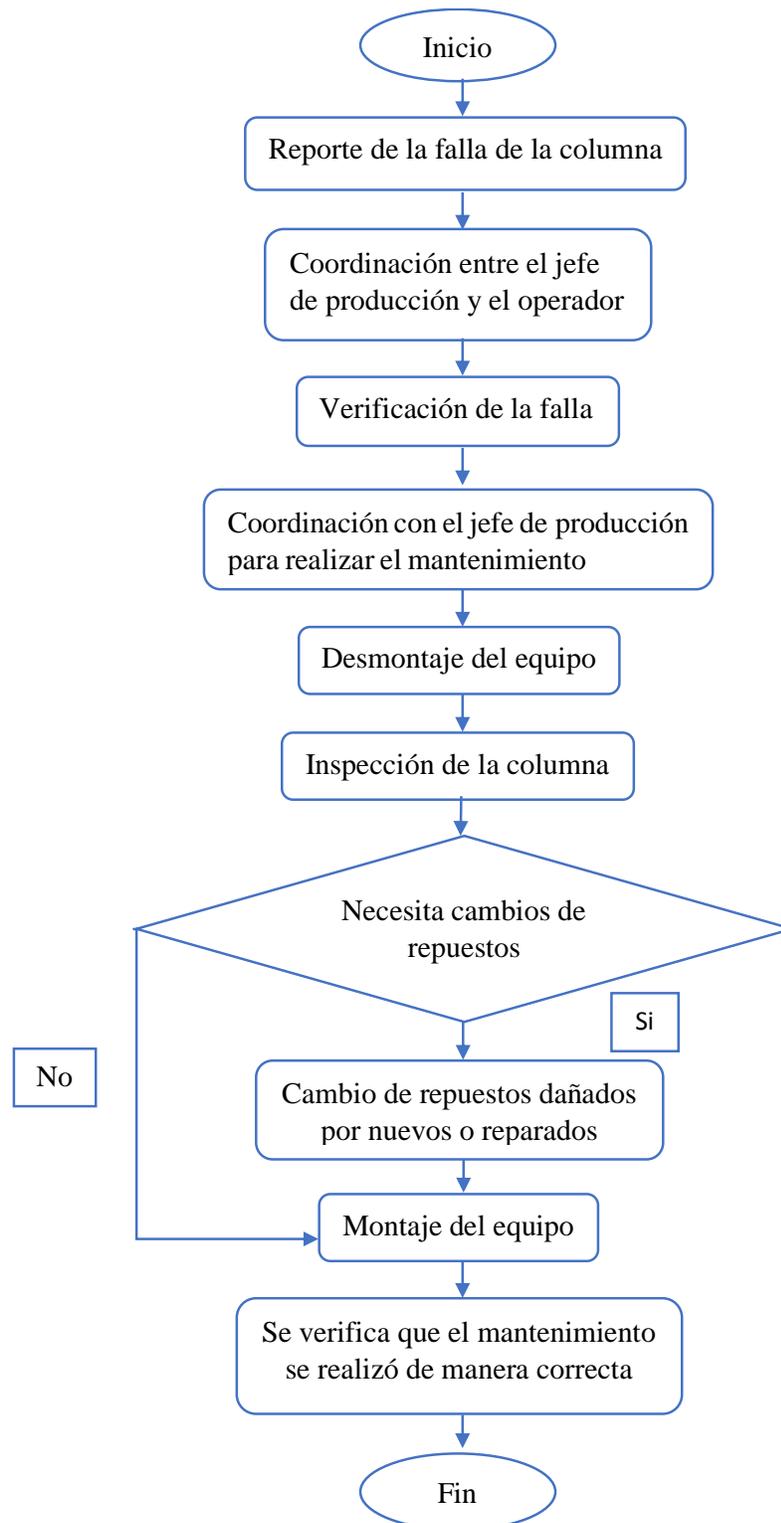
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.3.1.4. Descripción del proceso de mantenimiento de la columna de enfriamiento

El proceso de mantenimiento para la columna de enfriamiento se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador realiza el reporte de falla al jefe de producción.
- **Coordinación entre el jefe de producción y el operador:** El jefe de producción coordina con el operador que procederá a verificar la falla.
- **Verificación de la falla:** El operador se dirige a la columna de enfriamiento y verifica si la falla es producida en el tablero de control o en el equipo.
- **Coordinación con el jefe de producción para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe de producción para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Desmontaje de la columna de enfriamiento:** Una vez que se programó la intervención se procede a realizar el desmontaje de la columna de enfriamiento.
- **Inspección de la columna de enfriamiento:** Una vez que se desmonto se procede a verificar las partes dañadas.
- **Necesita cambios de repuestos:** En el caso que no necesite repuestos se procede al montaje de la columna de enfriamiento y en caso que si se necesiten repuestos se procede a repararlo o realizar la compra del repuesto.
- **Cambio de repuestos dañados por nuevos o reparados:** Una vez que se tienen los repuestos se proceden a cambiarlos para después realizar el montaje
- **Montaje del equipo:** Una vez que se tiene lo necesario para el montaje se procede a realizar el montaje de la columna de enfriamiento.
- **Se verifica que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe de producción verifica que el trabajo se realizó de manera correcta.

Figura IV 9- Proceso de mantenimiento de la Columna de Enfriamiento



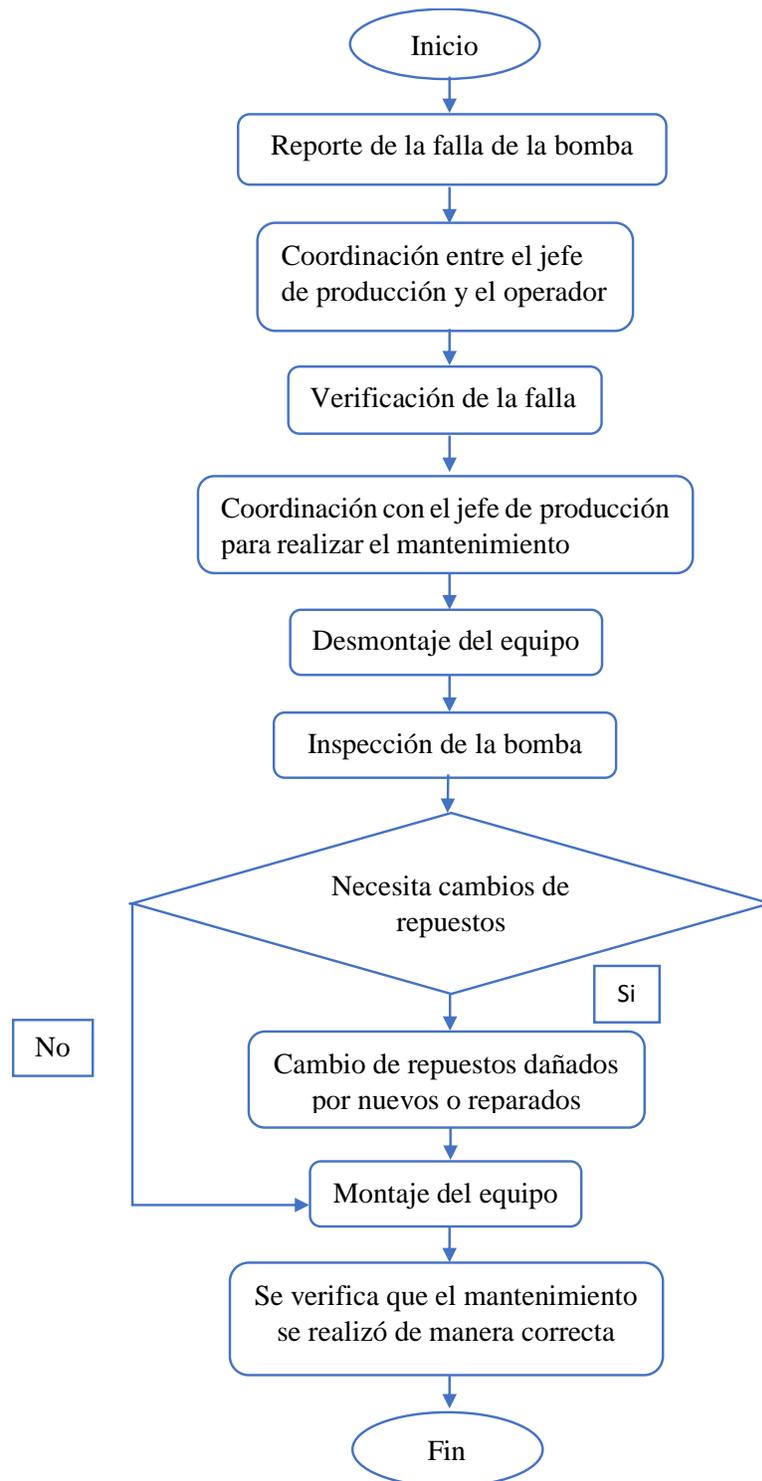
Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

4.3.1.5. Descripción del proceso de mantenimiento de la bomba de oxígeno

El proceso de mantenimiento para la bomba de oxígeno se realiza de la siguiente manera:

- **Reporte de falla:** El operador realiza el reporte de falla al jefe de producción.
- **Coordinación entre el jefe de producción y el operador:** El jefe de producción coordina con el operador que procederá a verificar la falla.
- **Verificación de la falla:** El operador se dirige a la bomba de oxígeno y verifica la falla en el equipo.
- **Coordinación con el jefe de producción para realizar el mantenimiento:** Una vez que el personal verifico la falla le informa al jefe de producción para que este pueda programar cuando realizaran el trabajo.
- **Desmontaje de la bomba de oxígeno:** Una vez que se programó la intervención se procede a realizar el desmontaje del equipo.
- **Inspección de la bomba de oxígeno:** Una vez que se desmonto se procede a verificar las partes dañadas.
- **Necesita cambios de repuestos:** En el caso que no necesite repuestos se procede al montaje de la bomba de oxígeno y en caso que si se necesiten repuestos se procede a repararlo o realizar la compra del repuesto.
- **Cambio de repuestos dañados por nuevos o reparados:** Una vez que se tienen los repuestos se proceden a cambiarlos para después realizar el montaje
- **Montaje del equipo:** Una vez que se tiene lo necesario para el montaje se procede a realizar el montaje de la bomba de oxígeno.
- **Se verifica que el mantenimiento se realizó de manera correcta:** Una vez que se realizó el trabajo de mantenimiento, el jefe de producción verifica que el trabajo se realizó de manera correcta.

Figura IV 10- Proceso de mantenimiento de la Bomba de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia con datos de la empresa, 2023.

En conclusión, el proceso de mantenimiento correctivo es aplicable en cualquier tipo de empresa, pero éste genera grandes pérdidas económicas y no evita las paradas no programadas, se aplica en el momento de la falla, pero esto ocasiona demoras en la producción perjudicando de esta manera a la empresa al no cumplir con el pedido de los consumidores.

El mantenimiento preventivo propuesto es lo contrario al actual mantenimiento correctivo, reduce las pérdidas económicas y disminuye las paradas no programadas evitando interrupciones en el proceso de producción, este mantenimiento preventivo se aplica mediante el diseño de un programa de mantenimiento preventivo.

4.3.2. Diagnóstico de evaluación en base a la norma ISO 55000: 2014

En el cuadro IV-14 se presenta la información documentada con la que el proceso de mantenimiento debe cumplir de acuerdo con la aplicabilidad de los requisitos de la norma ISO 55000.

Cuadro IV 14- Información documentada

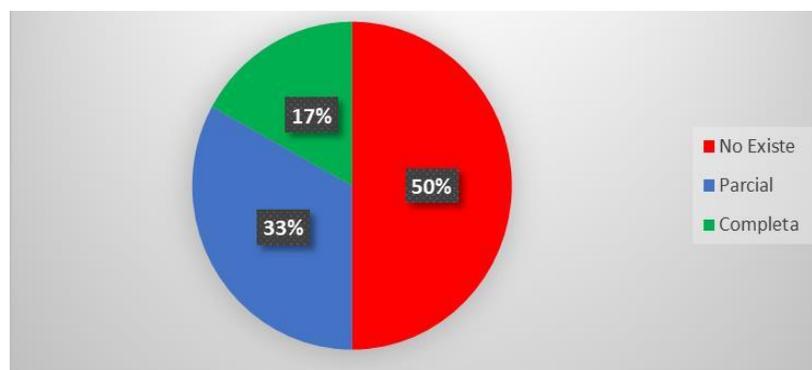
Documentación	PHVA	Nivel de la documentación	Aplica		Estado		
			Si	No	Completo	Parcial	No existe
Manual de Procedimientos	H		✗			✗	
Hojas técnicas, carpetas y registros de mantenimiento	P		✗				✗
Interacción del proceso de mantenimiento	P		✗			✗	
Caracterización del proceso de Mantenimiento	P		✗				✗
Formatos necesarios para la eficacia del proceso de Mantenimiento	V		✗				✗

Contratos y cotizaciones de servicio prestado a clientes (requerimiento de cliente)	V			×			
Certificados de calibración de equipos	H		×		×		

Fuente: NTC ISO 55000

En la figura IV-11 se observa que la empresa únicamente cuenta con un 17% de información documentada requerida (“completa”), y que el 83% restante está dividida en incompleta o no está creada en la organización, esta falta de información es la que lleva a realizar una propuesta para dar solución al problema, dicha propuesta se basara en el diseño del programa de mantenimiento preventivo con el fin de documentar toda la información necesaria para tener un mejor control de para realizar el mantenimiento.

Figura IV 11- Estado de la información documentada de acuerdo a la norma ISO 55000



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa, 2023.

CAPITULO V

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO**

5.1. Introducción

El mantenimiento preventivo es un enfoque proactivo del mantenimiento de equipos y maquinaria, que incluye inspecciones, revisiones y reparaciones programadas para evitar fallos y prolongar la vida útil de los activos. El objetivo de esta estrategia de mantenimiento es minimizar el tiempo de inactividad, reducir los costes de reparación y mejorar la fiabilidad y eficiencia generales. La aplicación de un programa de mantenimiento preventivo bien planificado puede aumentar la productividad, ahorrar costes y mejorar la seguridad en una organización.

La información documentada que se genere estará en función del proceso de mantenimiento y con el fin de demostrar planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora continua del Programa de Mantenimiento para la empresa Importadora Jasel.

Es importante que para la etapa de diseño del Programa de Mantenimiento Preventivo la alta dirección debe estar completamente involucrada y comprometida, es por esta razón que se conformará un comité de mantenimiento que debe asegurar que se desarrollara eficazmente el diseño del Programa de Mantenimiento y verificar su posterior implementación, mantenimiento y mejora, también se conformará el equipo de mantenimiento que se encargará de elaborar el diseño del Programa de Mantenimiento Preventivo.

5.2. Comisión de Mantenimiento

La ISO 9001 establece que la alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al Programa de Mantenimiento ya no se utiliza el término “representante de la dirección”, sino que se deben asignar roles, responsabilidades, así como autoridades en la organización, es por eso que miembros de la alta dirección forman parte de la comisión de mantenimiento para seguir de manera directa el proceso del Diseño del Programa de Mantenimiento.

La estructura de la comisión de mantenimiento tendrá bajo su responsabilidad el Diseño del Programa de Mantenimiento y está conformado por miembros de la alta dirección los cuales son:

- Gerente General
- Jefe de Producción
- Director Técnico

Las responsabilidades de la comisión de mantenimiento son las siguientes:

- Aportar con conocimiento acerca del proceso de producción y administración de la organización mediante una inducción minuciosa y detallada.
- Identificar todos los procesos que actúan en el Programa de Mantenimiento de la empresa a través de un diagrama de flujo.
- Identificar los riesgos y oportunidades asociados.
- Elaborar y verificar la información documentada necesaria para el Programa de Mantenimiento.

5.3. Diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo

En los siguientes apartados del presente capítulo se describen los documentos elaborados y las actividades que serán realizadas a través de métodos utilizados durante la etapa de Diseño de Programa de Mantenimiento para equipos de la línea de producción de oxígeno de la empresa Importadora Jasel.

5.3.1. Sistema De Codificación

El objetivo de la codificación tanto de activos fijos como de documentación, es de lograr una adecuada administración de los datos recaudados, permite la identificación, recuperación y localización de equipos y documentos.

5.3.1.1. Codificación De Documentos

La codificación de documentos es vital para seguir con las directrices de la filosofía del mantenimiento, ya que para este es primordial el orden, por lo cual que los

documentos estén enumerados correlativamente adjuntado a un código especificado por área facilita su conservación y localización para futuras lecturas o modificaciones.

Se codificará los documentos creados en este proyecto para tener un registro y control de ellos, y los mismos se basa en la siguiente forma:

Área del documento + Nombre del documento + -Numeración Correlativa

Área del documento: en el área de mantenimiento se abreviará por la sigla MTO.

Nombre del documento: dependiendo del tipo de documento a ser realizado en esta área, solo se colocará una abreviación que será la inicial del nombre del documento, ejemplo **Registro "R", Instructivo "I" y Listado "L"**.

Numeración Correlativa: para la diferenciación de los documentos de la misma área se añadirá una secuencia numérica 01, 02, respectivamente.

Cuadro V 1-Codificación de documentos

Código Doc:		MTOL-01	
Nº	Código	Documento	Área
1	MTOL-01	Codificación de Documentos	Listado
2	MTOL-02	Listado de Equipos	Listado
3	MTOL-03	Inventario de Repuestos	Listado
4	MTOR-01	Recopilación de fallas	Registro
5	MTOR-02	Ficha Técnica	Registro
6	MTOR-03	Checklist de los equipos	Registro
7	MTOR-04	Reporte de fallas	Registro

8	MTOR-05	Registro de reparaciones	Registro
9	MTOI-01	Manual de procedimiento	Instructivo
10	MTOI-02	Tareas diarias	Instructivo
11	MTOI-03	Tareas periódicas	Instructivo
12	MTOI-04	Orden de trabajo	Instructivo
13	MTOI-05	Instructivo de reparación	Instructivo
14	MTOI-06	Manual del programa de mantenimiento	Instructivo

Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.3.1.2. Codificación De Equipos

Se codificará los equipos para que al momento de llenar la documentación se realice de una manera rápida abreviando los nombres, esta codificación debe ser reconocida por todos los empleados de la empresa.

Se puede deducir la codificación de equipos bajo la siguiente formula:

Nombre + - Correlativo (+Orden)

Nombre: Se utilizan las tres primeras letras del equipo, como ser Compresor = COM

Correlativo: Antes de enumerar el correlativo se pone un guion medio (-) ya que comienza la parte numérica de la documentación, el correlativo se pone según la línea a la que pertenece el equipo es decir si es hablamos de la primera línea se pone 1 y de la segunda línea se pone 2.

Orden: En caso de haber dos equipos iguales en la misma línea como ser el caso de los Purificadores se pasa a poner un segundo correlativo indicando el orden dentro de la línea de producción, teniendo así a PUR-01 y PUR-02 en solamente la línea 1.

Cuadro V 2-Listado de equipos

LISTADO DE EQUIPOS			
Código Doc:		MTOL-02	
Nº	Código	Equipo	Modelo
1	COM-1	Compresor aire tornillo	UD75A-13
2	UNI-1	Unidad de pre enfriamiento	SAYL-780/8
3	PUR-11	Purificador A	HXK-780/8
4	PUR-12	Purificador B	HXK-781/8
5	COL-1	Columna de Enfriamiento	KZO-50
6	TUR-1	Turbina	PLPK-6.4/4-0.32
7	BOM-1	Bomba de Oxigeno liquido	BOP-30-80/0.8

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.2. Ficha Técnica de Equipos.

El diseño de esta ficha técnica busca satisfacer las necesidades de tener documentos donde se consiga de manera rápida y sencilla información sobre los equipos en casos de emergencias, es una forma de acceder a la información de los manuales de los equipos sin recurrir a documentos muy extensos.

Cuadro V 3-Ficha técnica

FICHA TECNICA			
Nombre del Equipo			
	Código	Modelo	
	Marca		
	Presión	Voltaje	
	Flujo	Capacidad	
	Dimensiones		
Características			
	Accesorios		Cantidad
1			
2			

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

En la elaboración de las fichas técnicas se verifico que los equipos existentes son un total de 7 que están con su respectiva codificación como se muestra en el Anexo 1, de los cuales se buscó información técnica en sus manuales y la demás información necesaria se buscó en internet en sitios oficiales de cada equipo, cada ficha cuenta con información general, y especificaciones técnicas importantes.

5.3.3. Manual de Procedimiento de Mantenimiento

Los manuales de procedimiento de mantenimiento tienen como propósito dirigir las acciones que se deben realizar en los equipos, la realización de estos se basara en la información recaudada de los manuales de cada equipo y de las páginas oficiales de cada marca de cada equipo.

5.3.3.1. Manual del Compresor de aire tornillo

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		01	MTOI – 01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL COMPRESOR AIRE TORNILLO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	1-2

OBJETIVO:

Aspirar el aire ambiente, a presión atmosférica, y comprimirlo hasta lograr una presión superior.

JUSTIFICACIÓN:

Este proceso es importante porque es el primer equipo del proceso de producción que aspira y comprime el aire de la atmosfera.

ALCANCE:

Este manual de procedimiento se aplica solo al proceso del compresor de aire tornillo.

PARTICIPANTES

El jefe de producción y operadores a cargo.

RESPONSABILIDAD:

Jefe de Producción: Programa y controla la producción, define la hora a la que se iniciara el proceso.

Operador a Cargo: Es el responsable de preparar la columna de enfriamiento antes de que inicie el proceso de producción.

DESARROLLO

Paso 1

Arranque del compresor

La válvula solenoide de succión permanece cerrada y la válvula solenoide de desfogue de presión permanece abierta, para un arranque más suave y con menos pico de corriente.

Paso 2

Funcionamiento a plena carga (Δ).

La válvula solenoide de succión abre y válvula solenoide de desfogue de presión cierra para empezar a comprimir aire e inyectarlo al sistema de aire comprimido.

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		01	MTOI – 01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL COMPRESOR AIRE TORNILLO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	2-2

Paso 3

Compresor con carga / sin carga.

Cuando la presión aumenta hasta la presión de descarga, la válvula solenoide de desfogue de presión abre y la válvula solenoide de succión cierra. Esto hace que el compresor esté funcionando en vacío y entre en modo ralentí. Cuando la presión del sistema cae a los ajustes de la presión de carga, la válvula solenoide de desfogue cerrará, la válvula de entrada se abrirá completamente y el compresor funcionará con carga.

Paso 4

Apagado

Después de presionar el botón PARADA (STOP), la válvula de solenoide de desfogue comenzará con la liberación de aire y la válvula de succión cerrará. El motor dejará de funcionar después de que la presión en el compresor se haya agotado hasta la presión de vacío y el motor se apagará después de 20s.

Paso 5

Alta temperatura y sobrecarga del motor

Cuando la temperatura de salida sea mayor a 105°C o el motor presenta una sobrecarga, la fuente de alimentación se cortará y apagará el motor.

Paso 6

Sistema de paro automático por tiempo de ralentí y configuración del tiempo de reinicio

Cuando se llegue a la presión de descarga, el compresor entrará a modo ralentí. Si la presión no disminuye en el tiempo establecido, el compresor se apagará automáticamente. Cuando esto suceda el compresor no arrancará hasta después de 5 minutos de haberse apagado.

5.3.3.2. Manual de la Unidad de Pre-enfriamiento

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		02	MTOI – 01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO	FECHA	Nº PAGINA
		25/07/23	1-4
<p>OBJETIVO</p> <p>Enfriar el aire comprimido para luego pasar al purificador.</p> <p>JUSTIFICACIÓN</p> <p>Este proceso es indispensable porque se encarga de enfriar el aire comprimido.</p> <p>ALCANCE</p> <p>Este manual de procedimiento se aplica solo al proceso de la unidad de pre-enfriamiento.</p> <p>PARTICIPANTES</p> <p>El jefe de producción y operadores a cargo.</p> <p>RESPONSABILIDAD</p> <p>Jefe de Producción: Programa y controla la producción, define la hora a la que se iniciara el proceso.</p> <p>Operador a Cargo: Es el responsable de preparar la columna de enfriamiento antes de que inicie el proceso de producción.</p> <p>DESARROLLO</p> <p>Paso 1</p> <p>Encendido</p> <p>Conéctese a la alimentación y cierre el interruptor de aire; la luz de señal de alimentación en el panel está encendida (roja).</p> <p>Paso 2</p> <p>Abrir válvulas</p> <p>Si el pro-cooler es del tipo de refrigeración por agua, abra las válvulas de entrada y salida del agua de refrigeración.</p>			

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		02	MTOI-01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	2-4
<p>Paso 3</p> <p>Reiniciado</p> <p>Si todo es normal, reinicie el compresor de aire y la válvula de cierre de entrada de aire para enviar el aire al pro-cooler, en ese momento, el manómetro de aire mostrará la presión de entrada y salida de aire.</p> <p>Paso 4</p> <p>Pre-calentamiento</p> <p>Asegúrese de que alcance el tiempo requerido para el precalentamiento, presione el botón de inicio verde, el contactor succiona, la luz de señal de inicio pendiente (verde) se enciende, después de 5 minutos, la luz se apagará. Y luego el compresor comienza a funcionar con la luz de señal de funcionamiento encendida (verde).</p> <p>Paso 5</p> <p>Verificación de presión del refrigerante</p> <p>Compruebe si el compresor funciona normalmente, si hay sonidos anormales o no, el índice de baja presión del refrigerante apunta a (0,37-0,45 Mpa) o no, el manómetro de alta presión del refrigerante indicará el rango normal en (1,4-1,63 Mpa).</p>			

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		02	MTOI-01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	3-4
<p>Paso 6</p> <p>Ajuste de válvula</p> <p>Observe el equipo durante 5-10 minutos, la temperatura del aire tratado por el pro-cooler alcanzará los 5-8°C (temperatura general), si la baja presión del refrigerante es demasiado baja o demasiado alta, puede ajustar el calor. válvula de derivación; Si la presión alta del refrigerante es demasiado baja o demasiado alta, puede ajustar la válvula de agua de enfriamiento para asegurarse de que la presión del refrigerante esté dentro del rango anterior.</p> <p>Paso 7</p> <p>Abierto de válvula global para drenaje</p> <p>Abra lentamente la válvula global de latón en el drenaje automático para permitir que el agua de refrigeración del aire fluya hacia el dispositivo de drenaje y escape fuera del equipo. El ajuste de tiempo en el drenaje eléctrico es de 1 a 5 minutos.</p> <p>Paso 8</p> <p>Cuando el equipo comience a funcionar, para asegurarse de que funcione normalmente, verifique el nivel de aceite del compresor, la circunferencia del aceite en el separador de aceite está bien, el nivel de aceite debe estar dentro del rango de (1/4-3 /4). Para comprobar el nivel de aceite cada 30 minutos hasta 24 horas después de poner en marcha el equipo para juzgar si la circunferencia del aceite es normal o no, el volumen de lubricación del sistema es menor o demasiado o no. Si el compresor de pistón medio cerrado carece de aceite o no puede formar una diferencia de presión de aceite normal, el controlador de diferencia de presión de aceite comenzará a funcionar para cortar la energía para proteger el compresor.</p>			

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		02	MTOI-01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA UNIDAD DE PRE-ENFRIAMIENTO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	4-4
<p>Paso 9</p> <p>Control de temperatura</p> <p>Si está permitido, verifique más el grado de sobrecalentamiento de inspiración y la temperatura de escape:</p> <p>Durante el funcionamiento del equipo, para medir el grado de sobrecalentamiento de inspiración (la diferencia entre la temperatura de entrada del compresor y la temperatura de evaporación) y la temperatura de escape, generalmente la temperatura de inspiración es Se requiere que sea de 5 a 15 °C, la temperatura de escape (medida a una distancia de 10 a 20 cm del tubo de escape del compresor al compresor) debe ser 30 °C mayor que la temperatura de condensación (medida desde el manómetro de alta presión del refrigerante), pero no debe exceder 110°C. Si la diferencia no está dentro del rango, verifique si el equipo funciona normalmente, si el refrigerante se infunde demasiado o demasiado poco, o si el compresor carece de lubricante, lo que provoca un fuerte aumento de la fricción interior. Si no es el problema anterior, ajuste el volumen de refrigerante y regule el grado de apertura del valor de expansión para asegurarse de que el grado de sobrecalentamiento de inspiración y la temperatura de escape estén dentro del rango requerido.</p>			



5.3.3.3. Manual de la Columna de Enfriamiento

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		03	MTOI-01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	1-4

OBJETIVO

Separar el oxígeno líquido del nitrógeno mediante una sola destilación para luego llenarlo en cilindros de 10 a 12 cm.

JUSTIFICACIÓN

Este proceso es el más importante de la producción, donde se realiza la separación del oxígeno, al no llevarse a cabo este proceso, no se obtiene dicho producto.

ALCANCE

Este manual de procedimiento se aplica solo al proceso de la columna de enfriamiento.

PARTICIPANTES

El jefe de producción y operadores a cargo.

RESPONSABILIDAD

Jefe de Producción: Programa y controla la producción, define la hora a la que se iniciara el proceso.

Operador a Cargo: Es el responsable de preparar la columna de enfriamiento antes de que inicie el proceso de producción.

DESARROLLO

Paso 1

Limpieza:

El interior de la columna debe ser limpiada cuidadosamente con el procedimiento de Calentado y soplado.

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		03	MTOI-01
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	2-4

Poner el tamiz fresco molecular dentro del purificador o cuando el tamiz molecular haya concluido la regeneración.

Paso 2

Arranque de la columna de rectificación:

-Cuando todas las operaciones hayan concluido y la línea de tubería este calentada y soplada, la columna de rectificación podría empezar dependiendo de las condiciones de funcionamiento del compresor de aire.

-Abrir la válvula de ingreso de aire comprimido (V-101) habilitando la entrada de alta presión de la columna de rectificación.

-Asegurar cada válvula de presión dentro rango de arriba (V-101) habilitando la entrada de alta presión de la columna de rectificación.

-Cuando la compresión de la temperatura del aire de la válvula V-2 caiga alrededor de -160 °C la operación del punto crítico es mantenida la presión antes del expansor de la turbina.

-Después de alrededor de 2 o 3 horas de operación, el aire líquido aparece en el evaporador, cerrar gradualmente la válvula V-2 hacer que el nivel del líquido suba gradualmente, cuando el nivel del líquido alcance alrededor de 1000mm la presión subirá a 1.2 Mpa, la pureza del oxígeno será normal.

-Cuando la pureza del oxígeno líquido sea o este sobre 99.5% se puede enviar oxígeno.



	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO	03	MTOI-01
		FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	3-4

Paso 3

Ajuste bajo operación:

Cada ajuste no debe destruir el equilibrio establecido en la columna de rectificación.

-La presión alta de la columna de rectificación superior es controlada por la válvula de controlador de aire líquido (V-2).

-Usar la válvula del acelerador del desvío de gas y la compuerta de viento de la máquina de viento para controlar la cantidad de expansión y la velocidad de rotación del expansor, para equilibrar el artefacto, la cantidad del enfriamiento y el nivel del oxígeno líquido.

-La pureza de O2 puede ser regido por el cambio del suministro de la cantidad de O2.

-La apertura y cerrado de las válvulas del acelerador debe ser llevado a cabo lentamente para ni exceder una división de la escala en una operación.

Paso 4

Parada:

Apagado normal

-Apertura del respiradero de la válvula de oxígeno cerrado del suministro de la válvula.

-Apertura de toda la entrada de viento del freno de la máquina de viento, abrir la válvula del acelerador del flujo de gas

-Cerrar la entrada de la columna de la terminación de la válvula del compresor de aire V-101 y cerrar la V-103 superior e inferior del indicador del líquido del nivel de líquido.

-Si hay restos de presión en la columna abrir el AE-1 para permitir la salida del oxígeno.

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO	03	MTOI-01
		FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	4-4

Paso 5

Calentado y soplado

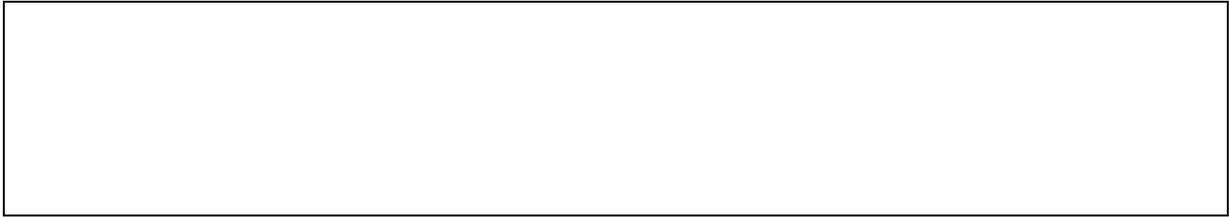
Cuando cada cambio de operación de la columna de rectificación es concluido o cuando está congelado, este debería ser calentado y soplado.

- Síntomas de congelamiento del equipo
- La pureza del N2 es disminuida y la salida del O2 es reducida.
- La diferencia de la temperatura del intercambiador de calor es incrementada.
- Las secuencias del calentamiento y soplado son como siguen:
 - Tener líquido de la columna de rectificación escurrido.
 - Apagar las válvulas superior e inferior para el indicador del nivel.
 - Cerrar la válvula V-7, abrir la válvula V-306.
 - Presión media del tubo, cerrar la entrada de la válvula del expansor de la turbina V-1.
 - Presiona lata del tubo, abrir la válvula V-2, la válvula de entrada de aire general.

Paso 6

Lavado de la columna de Rectificación

Cuando la columna de rectificación tiene aceite de lubricación, otras materias extrañas, impureza y está contaminado o su habilidad de fraccionado está bajo debido al largo de tiempo de servicio la tubería y los agujeros de la bandeja deberían ser lavados con agua caliente cuya temperatura es alrededor de 60-80 °C.



5.3.4. Programa de Mantenimiento Preventivo

Es necesario contar con un programa de mantenimiento preventivo porque gracias a este programa de tareas de mantenimiento es que se puede prolongar la vida útil de los equipos de la empresa Importadora Jasel.

El programa de mantenimiento preventivo propuesto estará enfocado en asegurar la funcionabilidad de los equipos. Lo esencial de este modelo de mantenimiento son las tareas programadas para evitar que sucedan las fallas, esta se separa en diarias y periódicas de distintos tiempos, las tareas se elaboran a partir de las recomendaciones de los fabricantes que esto se encuentra en los manuales, y en caso de no existir los manuales se debe basar en toda la información de las marcas de los equipos o de equipos parecidos.

5.3.4.1. Checklist de los Equipos

El mantenimiento de una empresa no solo es tratar de alargar la vida útil de los equipos, sino esta área también se encarga de llevar un orden y seguimiento de las horas de funcionamiento de los equipos para definir cuando se ejecutaran las tareas de mantenimiento.

Previamente a las tareas programadas se elabora hojas de control para las horas de funcionamiento de los equipos.

Cuadro V 4-Check list de los equipos

CHECK LIST DE LOS EQUIPOS					 IMPORTADORA JASEL
Código Doc:	MTOR-03				
Fecha:					
Técnico de mantenimiento:					
Operador:					
DETALLE DE LOS EQUIPOS					
ACTIVIDADES	Realizo		Horas de Funcionamiento		Observaciones
	SI	NO	Actual	Cambio	
Cambio de aceite del compresor					
Cambio de filtro de aceite del compresor					
Cambio de filtro de aire del compresor					
Cambio de filtro separador del compresor					
Cambio filtro de paso del compresor					
Cambio de filtro de aire de la unidad de pre enfriamiento					
Cambio de anillas de la bomba					
Cambio de correas de la bomba					

Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.3.4.2. Tareas programadas del mantenimiento preventivo

5.3.4.2.1. Tareas diarias

Las tareas diarias es el trabajo minucioso del operador y del técnico de mantenimiento al empezar el turno, las tareas del operador son básicas y muy fáciles al grado de su especialización a diferencia del técnico de mantenimiento que tiene más conocimiento, sus tareas serán más profundas para poder corroborar el buen estado y evitar accidentes y fallas.

Las tareas diarias tendrán un formato semanal de los días de la semana empezando lunes a domingo, que son los días que se trabaja en la Importadora Jasel.

Las tareas programadas serán ordenadas mediante la priorización observada de los resultados de los análisis de los equipos de la empresa Importadora Jasel, la asignación de los tiempos se hará de acuerdo al requerimiento de cada equipo, como su nombre dice son tareas diarias programadas para tener un mejor control y evitar fallas reiterativas en los equipos.

Cuadro V 5-Tareas Diarias del Compresor

Turno:	Código Doc:	MTOI-02	Cod. Equipo:	COM-1	Fecha:				
Nº	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	Limpieza del compresor								
2	Revisión de fugas y niveles de aceite								
3	Inspección del equipo								
4	Inspección de los tableros de control								
5	Revisión de las mangueras de aceite								
Técnico de mantenimiento:									
Operador a cargo:									
Observaciones:									

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tareas Diarias de la Unidad de pre enfriamiento

Turno:	Código Doc:	MTOI-02	Cod. Equipo:	UNI-1	Fecha:		 IMPORTADORA JASEL		
Nº	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	Inspección de los tableros de control								
2	Revisión de tuberías								
3	Inspección del equipo								
4	Revisión de mangueras								
Técnico de mantenimiento:									
Operador a cargo:									
Observaciones:									

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Cuadro V 6-Tareas Diarias de la Columna de enfriamiento

Turno:	Código Doc:	MTOI-02	Cod. Equipo:	COL-1	Fecha:		 IMPORTADORA JASEL		
Nº	Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
1	Inspección de los tableros de control								
2	Revisión de tuberías								
3	Inspección del equipo								
4	Revisión de válvulas								
Técnico de mantenimiento:									
Operador a cargo:									
Observaciones:									

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.4.1.2. Tareas periódicas

Las tareas periódicas son únicamente para el Técnico de mantenimiento porque estas son más profundas y especializadas, estas por su grado de complejidad son cada cierto tiempo de intervalo ya que cada mantenimiento requerirá de mayor tiempo empleado en el chequeo y arreglos, estas son las que previenen con mayor certeza que no ocurran fallas en plena producción.

Las tareas periódicas se realizan en función a la producción de la Empresa 24 horas durante 360 días.

Las tareas se clasificarán en:

- Mensuales
- Bimestrales
- Trimestrales
- Cuatrimestrales
- Semestrales

Estas tareas serán programadas de acuerdo a las horas de funcionamiento y limpieza de cada accesorio del equipo y el análisis de fallas:

- Las tareas trimestrales serán cada 2000 horas de funcionamiento de acuerdo a sus indicaciones del manual de mantenimiento.
- Las tareas semestrales serán cada 4000 horas de funcionamiento de acuerdo a sus indicaciones del manual de mantenimiento.
- Las tareas cuatrimestrales serán cada 3000 horas de funcionamiento de acuerdo a sus indicaciones del manual de mantenimiento.

Cuadro IV 15 Tareas Periódicas del Compresor

TAREAS PERIODICAS																
N°	Actividad	Frecuencia	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1	Limpieza del radiador de aceite y aire	Trimestral	█													
2	Limpieza de los filtros de aire	Mensual		█												
3	Cambio de filtro de aceite	Trimestral														
4	Cambio de aceite	Trimestral														
5	Cambio de los filtro de paso	Trimestral														
6	Cambio de filtro de aire	Trimestral														
7	Cambio de filtro de separador	Trimestral														
8	Retirar la suciedad de la tubería	Trimestral														
9	Cambio de mangueras de alta presión	Semestral														
10	Cambio de rodamientos del motor	Cuatrimestral														
Técnico de Mantenimiento:																
Operador a cargo:																
Observaciones:																

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Cuadro IV 16 Tareas Periódicas de la Unidad de Pre enfriamiento

TAREAS PERIODICAS													 IMPORTADORA JASEL	
N °	Actividad	Frecuencia	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Limpieza del radiador	Trimestral	█											
2	Limpieza de los filtros de aire	Mensual	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
3	Cambio de filtro de aire	Trimestral	█			█			█			█		
4	Limpiar el condensador	Semestral	█						█					
Tecnico de Mantenimiento:														
Operador a cargo:														
Observaciones:														

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Cuadro IV 17 Tareas Periódicas de la Columna de enfriamiento

TAREAS PERIODICAS																
N °	Actividad	Frecuencia	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
1	Limpieza de la columna de fraccionamiento exterior	Bimensual														
2	Mantenimiento de Valvulas	Semestral														
3	Limpieza de los tableros de control	Trimestral														
4	Limpieza de la columna de fraccionamiento interior	Trimestral														
5	Rellenado de teflon en los asientos de vavlvulas	Semestral														
Tecnico de Mantenimiento:																
Operador a cargo:																
Observaciones:																

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Cuadro IV 18 Periódicas del Purificador

TAREAS PERIODICAS															
N°	Actividad	Frecuencia	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
1	Engrasado de valvulas	Semestral													
2	Rellenado de teflon en los asiemntos de vavlvulas	Semestral													
3	Limpieza de tuberias	Trimestral													
Tecnico de Mantenimiento:															
Operador a cargo:															
Observaciones:															

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Cuadro IV 19 Tareas Periódicas de la Bomba de Oxígeno

TAREAS PERIODICAS																																																																						
N °	Actividad	Frecuencia	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE																							
1	Cambio de correas	Cuatrimestral	█																																																																			
2	Cambio de anillas	Cuatrimestral	█																																																																			
3	Mantenimiento de la bomba de oxígeno	Semestral	█																																																																			
4	Cambio de rodamientos del motor	Cuatrimestral	█																																																																			
Tecnico de Mantenimiento:																																																																						
Operador a cargo:																																																																						
Observaciones:																																																																						

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Estos cuadros de programación ayudarán a la empresa Importadora Jasel, a tener un mejor control y registro de cada una de las actividades que se realizarán, de acuerdo a la programación de tareas diarias y periódicas con el fin de evitar las paradas no programadas en los equipos de toda la línea de producción de oxígeno.

5.3.4.2. Inventario de repuestos

El inventario de repuestos es un requisito para el mantenimiento preventivo, ya que no se debe demorar en las tareas de limpieza, arreglo y cambios posibles de piezas, este mantenimiento debe demorar lo más poco posible para evitar perjudicar aún más la producción, por lo cual el stock es indispensable, el mismo es variado y especializado por el tipo de equipo, debe tener por lo menos lo mínimo para los futuros arreglos.

El listado de repuestos se enfoca más en aquellos equipos que ya hemos definido como imprescindibles para la producción (Compresor aire tornillo, Unidad de preenfriamiento y Columna de Enfriamiento), la mayoría de los repuestos van enfocados en estos equipos ya que no pueden fallar durante la producción, también se toma en cuenta los demás equipos, pero en menor magnitud.

Al contar con un inventario de repuestos no solo se podrá dar marcha a la producción con más confianza, sino también es posible realizar mantenimiento a equipos de apoyo como motores o bombas ya que estas podrían ser reemplazadas temporalmente con el stock que se tiene en inventario.

Tabla V 1-Inventario de Repuestos

 INVENTARIO DE REPUESTOS					
Código Doc:			MTOL-03		
N°	NOMBRE	IMAGEN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Filtro de aire		4 unidades	550	2.200

2	Filtro de Aceite		4 unidades	84	336
3	Filtro de Paso		4 unidades	175	700
4	Filtro de Separador de Aceite		4 unidades	1.750	7.000
5	Rodamientos		8 unidades	700	5.600
6	Anillas		3 juegos	1.750	5.250

7	Correas de la bomba		3 juegos	560	1.680
8	Turbina Expansor		1 juego	35.000	35.000
9	Mangueras de alta presión		3	1.800	5.400
10	Válvulas de compuerta		3	2.500	7.500

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

El stock de repuestos rápidos que se creó para la empresa Importadora Jasel, se elaboró con la coordinación del jefe de producción, con el resultado del análisis de fallas y su experiencia laboral se priorizo los repuestos más utilizados y aquellos que tienen algún conflicto para encontrar en el mercado.

5.3.4.3. Orden de Trabajo

Una orden de trabajo es documento escrito en el cual se describen las características de un equipo y las acciones de mantenimiento realizadas o por realizar. Es un documento legal que respalda tanto al técnico de mantenimiento o al operador encargado, por cualquier reclamo o inconveniente.

El Técnico de mantenimiento debe dar la orden de la tarea correspondiente mediante la orden de trabajo donde el indicara todos los detalles al operador a cargo. La orden aplicada a esta empresa será la siguiente:

Cuadro V 7-Orden de Trabajo

Orden de Trabajo			
Cod Doc:	MTOI-04	Cod Equipo:	
Modelo:		Marca:	
Horas de Trabajo:		N° Orden de Trabajo:	
Fecha:			
Descripción de la tarea:			
Solicita:			
Observaciones:			

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.5. Instructivo para realizar mantenimiento preventivo

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		04	MTOI-05
	INSTRUCTIVO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	1-3

OBJETIVO

Ejecutar correctamente las tareas definidas en el programa de mantenimiento preventivo y trabajar con la información documentada permitiendo con las tareas que se vayan a realizar, así también llevar un seguimiento de las horas que trabaja el equipo.

ALCANCE

Todos los equipos de la línea de producción de oxígeno de la empresa Importadora Jasel.

RESPONSABILIDADES

- **Jefe de Producción:** Realiza el seguimiento de las horas de trabajo realizadas por cada equipo para definir cuándo se ejecutarán las tareas de mantenimiento programadas y controlar los recursos empleados mediante la documentación.
- **Técnico de Mantenimiento:** Ejecuta las tareas ya programadas en los diferentes sistemas de los equipos, asegurando la funcionalidad y eficacia de los equipos.
- **Operador:** Son los encargados de todo el trabajo de mano de obra y deben realizar diferentes tareas que percuten directamente con el correcto funcionamiento de la empresa.

DEFINICIONES

- **Mantenimiento Preventivo:** Este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará, así como también el tiempo que demandará.

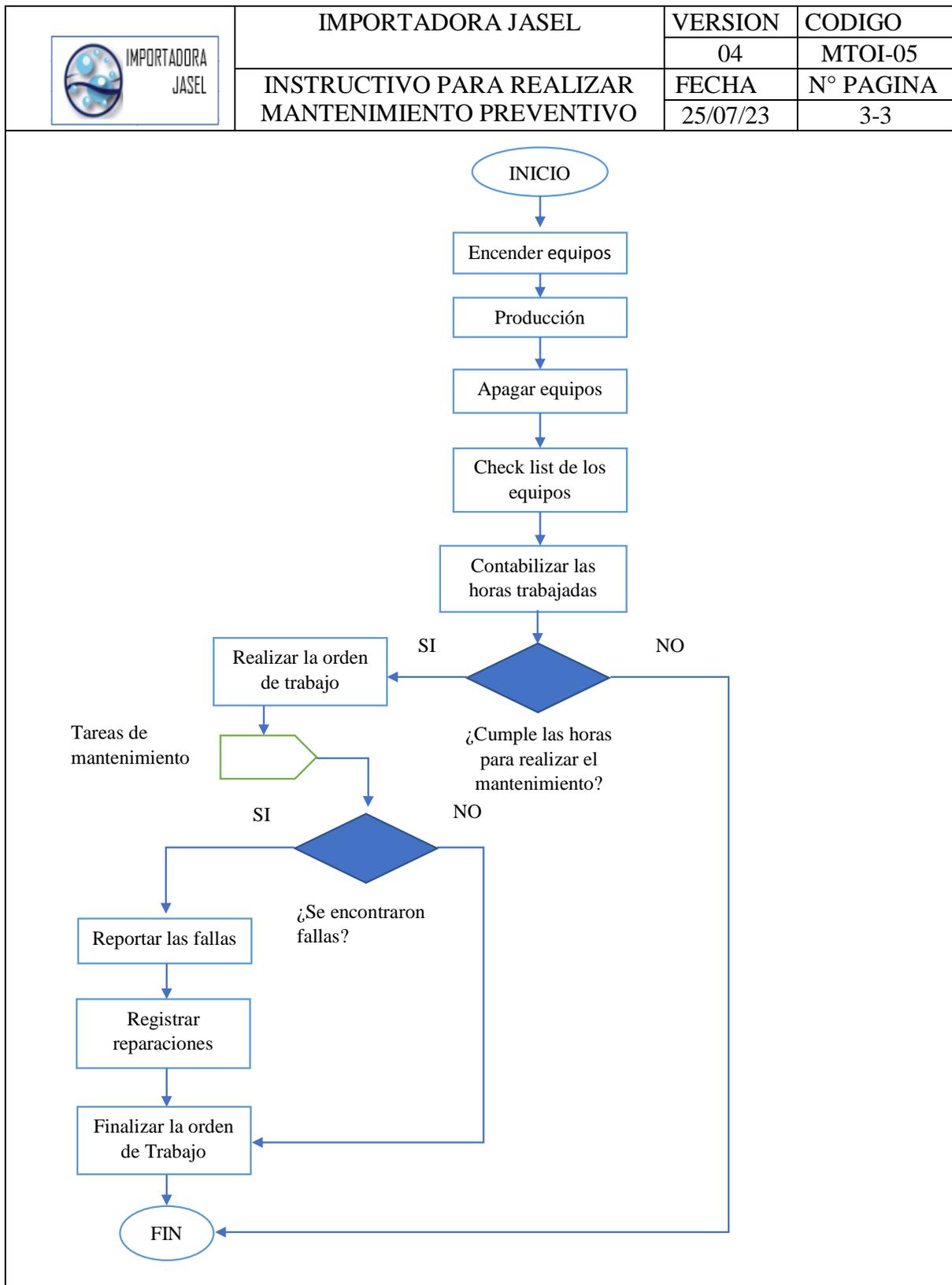
	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
	INSTRUCTIVO PARA REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	04	MTOI-05
		FECHA	N° PAGINA
		25/07/23	2-3

- Orden de Trabajo: Una orden de trabajo es un documento escrito en el cual se describen las características de un equipo o maquinaria y las acciones de mantenimiento realizadas o por realizar.

REGISTROS Y ESPECIFICACIONES

- MTOL-01- Codificación de Documentos
- MTOL-02- Listado de Equipos
- MTOR-02- Ficha Técnica
- MTOR-03- Checklist de los equipos
- MTOR-04- Reporte de fallas
- MTOR-05- Registro de reparaciones
- MTOI-02- Tareas diarias
- MTOI-03- Tareas periódicas
- MTOI-04- Orden de Trabajo

DESARROLLO



5.3.6. Mantenimiento de Apoyo: Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento de apoyo que se escogió que ayude al mantenimiento preventivo, es el mantenimiento correctivo, su función principal es arreglar la avería inesperada lo más rápido posible y organizada, que de cada paso realizado exista documentación que respalde el trabajo, esa documentación es clave para el mantenimiento preventivo ya que con el historial se observa las fallas más continuas y estas sirven para poder predecir las futuras averías.

5.3.6.1. Instructivo de Reparación

Este documento es una serie de pasos a hacer al momento de la falla y como resultado obtengamos una reparación para que esta sea exitosa, y de la cual se pueda aprovechar para futuras averías y poder prevenirlas.

Este debe ser socializada con los operadores mediante una charla, explicarles detalladamente los beneficios de realizar un procedimiento organizado, y a la vez las consecuencias de hacerlo de la manera negativa, las consecuencias de no cuidar los equipos, es decir darles la responsabilidad de cuidar las instalaciones de la empresa, este documento debe estar al alcance de todos para que los pasos se queden grabados en los operadores y sepan cómo actuar al momento de la falla, ya que en ese instante será crucial para los tiempos de la reparación, es decir mientras actúen cuanto antes volverá la normalidad la producción.

El mismo tendrá el siguiente formato:

Cuadro V 8-Orden de Reparación

INSTRUCTIVO DE REPARACIÓN		
Cod. Doc:	MTOI-05	
Pasos a seguir sobre la falla repentina en el equipo		

Paso 1	Ocurrió la falla que debo hacer: detener en su totalidad el equipo y revisar la parte en la que ocurrió la falla (si no es peligroso).
Paso 2	Informar al superior: inmediatamente avisar al técnico de mantenimiento o jefe de producción sobre la falla para darle solución.
Paso 3	Aportar como operador: conjuntamente al encargado de mantenimiento, si es posible ayudar a que la reparación no retarde más tiempo la producción.
Paso 4	Realizar el reporte de falla: con la información de la falla llenar el formulario de reporte de falla con los datos más minuciosos posibles, con la finalidad que esto sirva para posteriores fallas.
Paso 5	Posterior a la falla: Con la reparación exitosa, se debe también llenar en el historial del equipo todo lo sucedido, para que en una próxima revisión el encargado de mantenimiento indiferentemente del turno pueda tener un entendimiento total de lo realizado al equipo, también para poder en un futuro evitar la misma falla
Paso 6	Reiniciar el proceso de producción del día siempre estando atento a ruidos anormales y cualquier procedimiento que este fuera de lo normal en el equipo esto evitara paros repentinos y accidentes.

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.6.2. Reporte de fallas

El reporte de fallas debería ser obligatorio para toda empresa o industria. El paso más relevante en el mantenimiento correctivo, es reportar la falla inesperada, lo cual facilita para futuras fallas poder observar el procedimiento y repuestos y tener preparado para la siguiente vez, como también con este pequeño paso es vital para el programa de mantenimiento preventivo para que no sea una falla repentina sino una reparación programada antes de la falla y evitar pérdidas y más desgaste de la máquina.

El mismo tendrá el siguiente formato:

Cuadro V 9-Reporte de fallas

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> Reporte de Fallas  </div>			
Cod Doc:	MTOR-04	Cod Equipo:	
Modelo:		N° de Reporte:	
Marca:		Operador:	
Horas trabajadas:		Técnico de Mantenimiento:	
Fecha:		Turno:	
Descripción de la tarea:			
Repuestos utilizados:			
Detalle del Incidente:			
Solicita:			
Observaciones:			

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.6.3. Registro de reparaciones

Posterior al reporte de falla se debe realizar un informe detallado por parte del técnico encargado del área de mantenimiento, debe contener detalles de lo ocurrido con nombres de los operadores de turno que estuvieron involucrados, las partes del equipo, repuestos, recursos utilizados y el tiempo tardado en volver a poner en marcha el equipo, con este informe el área de mantenimiento valida el reporte de falla del operador, ya que confirma los sucesos y si en caso no hubiese sido culpa del operador por mal manejo, es una ayuda para deslindar de la responsabilidad.

Cuadro V 10-Registro de Reparaciones

<p style="text-align: center;">Registro de Reparaciones</p> 					
Cod Doc:	MTOR-05		Cod Equipo:		
Modelo:			Operador:		
Marca:					
Registro					
Fecha	Hora	Operador	Detalle del trabajo	Material o repuesto utilizado	Firma

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

5.3.7. Manual del diseño de programa de mantenimiento preventivo

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		05	MTOI-06
	MANUAL DEL DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FECHA	Nº PAGINA
		25/07/23	1-3

OBJETIVO

El propósito de este procedimiento es garantizar que los equipos de la empresa cumplan con las necesidades de la organización y el proceso de producción, definiendo las diferentes actividades de mantenimiento a ser ejecutadas según parámetros y factores técnicos de los fabricantes de los equipos, y requerimientos necesarios para el estado óptimo de la empresa de la Importadora Jasel.

ALCANCE

El presente procedimiento es aplicable a todos los equipos de la empresa Importadora Jasel.

RESPONSABLES

Jefe de Producción: Es el responsable de elaborar y verificar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (Y en casos requeridos cumplir el mantenimiento correctivo) de los equipos de la Importadora Jasel.

DEFINICIONES

Mantenimiento Preventivo: Este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento si es predecible con respecto a los costos que implicará, así como también el tiempo que demandará.

Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento correctivo, también conocido como reactivo, es aquel que se aplica cuando se produce algún error en el sistema, ya sea porque algo se averió o rompió. Cuando se realizan estos mantenimientos, el proceso productivo se detiene, por lo que

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
		05	MTOI-05
	MANUAL DEL DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	FECHA	Nº PAGINA
		25/07/23	2-3

disminuyen las cantidades de horas productivas. Estos mantenimientos no se aplican si no existe ninguna falla. Es impredecible en cuanto a sus gastos y al tiempo que tomará realizarlo.

Programa de Mantenimiento Preventivo: Es el cronograma de tareas de mantenimiento programadas, las cuales se llevarán a cabo en los equipos, que se encuentren involucrados en el proceso.

Tarea de Mantenimiento: Las tareas de mantenimiento son la base de un programa de mantenimiento. Las diferentes formas de realizar un programa de mantenimiento, no son más que formas de determinar las tareas de mantenimiento que compondrán el programa, que alargan el tiempo de vida del activo.

Equipo: Maquina o conjunto de herramientas, que agilizan los procesos industriales.

REGISTROS Y ESPECIFICACIONES

- MTOL-01- Codificación de Documentos
- MTOL-02- Listado de Equipos
- MTOL-03- Stock de Repuestos
- MTOR-01- Recopilación de fallas
- MTOR-02- Ficha Técnica
- MTOR-03- Checklist de los equipos
- MTOR-04- Reporte de fallas
- MTOR-05- Registro de reparaciones
- MTOI-01- Manual de procedimiento
- MTOI-02- Tareas diarias
- MTOI-03- Tareas periódicas
- MTOI-04- Orden de Trabajo

DESARROLLO

	IMPORTADORA JASEL	VERSION	CODIGO
	MANUAL DEL DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	05	MTOI-06
		FECHA	Nº PAGINA
		25/07/23	3-3
Nº	Actividad	Responsable	
1	La codificación de los equipos existentes será documentada en listado de equipos .	Jefe de Producción	
2	Los datos técnicos y operativos de los equipos existentes deberán estar registrados en el documento Ficha Técnica .	Jefe de Producción	
3	El diseño del programa de mantenimiento preventivo será determinado según especificaciones técnicas de los fabricantes y las horas de operación de los mismos; también se puede determinar según indique el documento análisis de fallas y riesgos .	Jefe de Producción Técnico de mantenimiento	
4	Al momento de producir y prender los equipos para ejecutar el proceso de producción se debe seguir los pasos indicados en el manual de procedimiento .	Jefe de Producción Operador de turno	
5	Para ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo se siguen las instrucciones dadas en el documento: instructivo para realizar el mantenimiento preventivo .	Jefe de Producción Técnico de mantenimiento	
6	En caso de presentarse una falla repentina en el proceso de producción se debe seguir las instrucciones del documento: instructivo de reparación .	Jefe de Producción Operador de turno	
7	Para la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo se deberá tener el documento orden de trabajo según corresponda.	Jefe de Producción	
8	En caso de realizarse mantenimiento correctivo se debe llenar el documento de reporte de fallas . Las actividades de mantenimiento preventivo o correctivo se registrarán en el documento registro de reparaciones .	Jefe de Producción Operador de turno	
9	En caso de realizarse reparaciones o algún cambio de repuesto se debe actualizar el documento de inventario de repuestos.	Jefe de Producción Técnico de mantenimiento	
10	Al acabar el proceso de producción se debe verificar y registrar las horas de funcionamiento de los equipos en el documento checklist de los equipos .	Jefe de Producción Técnico de mantenimiento	

5.4. Indicadores de Mantenimiento

Para medir la efectividad del programa de mantenimiento preventivo propuesto se utilizará los indicadores de MTBF y MTTR, donde la métrica MTBF se utiliza para controlar tanto la disponibilidad como la fiabilidad de un producto. Cuanto mayor sea el tiempo entre paradas, más fiable será el sistema. En cuanto al MTTR es un fuerte indicador de la eficacia de la reparación, el objetivo será reducirlo.

Para la aplicación de los indicadores MTBF y MTTR a la propuesta del programa de mantenimiento preventivo, se utilizará las siguientes formulas:

$$\text{MTBF} = \frac{\textit{T tiempo total disponible} - \textit{tiempo total de reparacion}}{\textit{N}^\circ \textit{ de Paradas}}$$

Donde:

Tiempo total disponible: Es las horas de funcionamiento anual de cada equipo.

Tiempo total de reparación: Es el tiempo total en reparar cada falla durante un año.

N° de Paradas: Es la cantidad de paradas programadas en equipos de la línea de producción de oxígeno.

$$\text{MTTR} = \frac{\textit{T tiempo total de reparacion}}{\textit{N}^\circ \textit{ de paradas}}$$

Donde:

Tiempo total de reparación: Es el tiempo total en reparar cada falla durante un año

N° de Paradas: Es la cantidad de paradas programadas en equipos de la línea de producción de oxígeno.

Para medir la efectividad de las actividades propuestas del programa de mantenimiento preventivo se aplicará los indicadores a cada equipo.

Tabla V 2-Indicadores del compresor

INDICADORES DEL EQUIPO COMPRESOR						
N°	Actividad	Tiempo total disponible (horas)	Tiempo total de reparación (horas)	N° de Paradas	MTBF (horas)	MTTR (horas)
1	Limpieza del radiador de aceite y aire	8.640	96	4	2.136	24
2	Limpieza de los filtros de aire	8.640	48	12	716	4
3	Cambio de filtro de aceite	8.640	24	4	2.154	6
4	Cambio de aceite	8.640	24	4	2.154	6
5	Cambio de filtro de paso	8.640	32	4	2.152	8
6	Cambio de filtro de aire	8.640	24	4	2.154	6
7	Cambio de filtro de separador	8.640	32	4	2.152	8
8	Retirar la suciedad de la tubería	8.640	48	4	2.136	12
9	Cambio de mangueras de alta presión	8.640	24	2	4.308	12
10	Cambio de rodamientos del motor	8.640	108	3	2.844	36

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Para calcular el indicador MTBF:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{tiempo total de reparación}}{\text{N° de Paradas}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{8.640 - 96}{4}$$

$$\text{MTBF} = 2.136 \text{ horas}$$

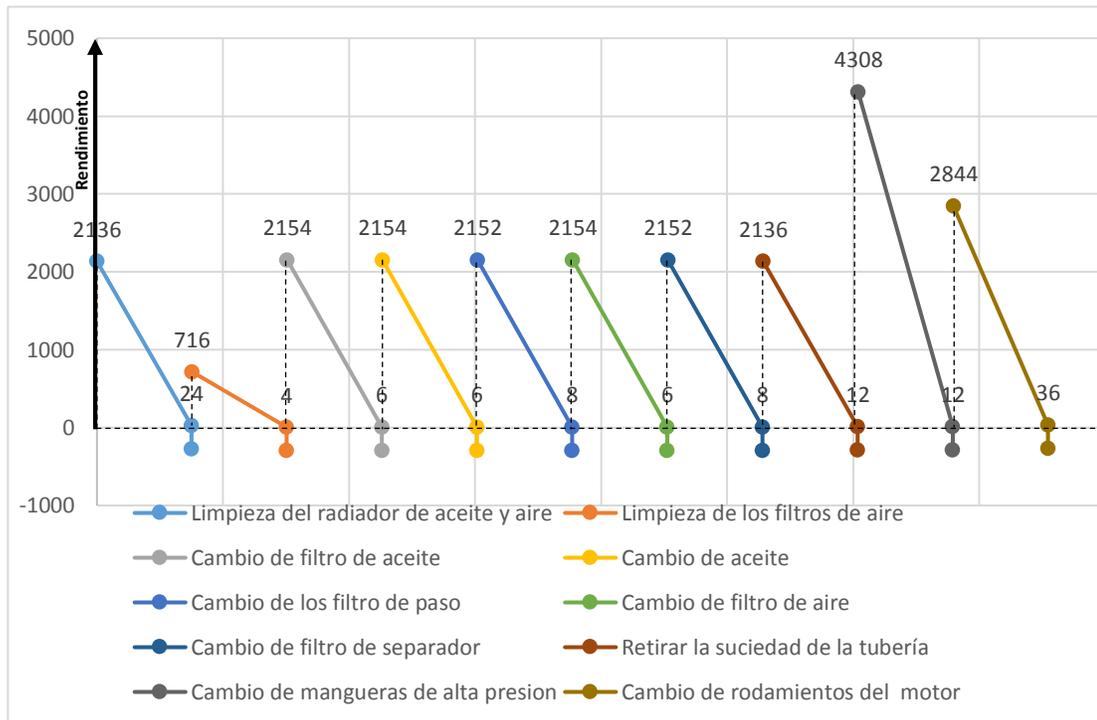
Para calcular el indicador MTTR:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparacion}}{N^{\circ} \text{ de paradas}}$$

$$MTTR = \frac{96}{4}$$

$$MTTR = 24 \text{ horas}$$

Figura V 1-Indicadores del compresor



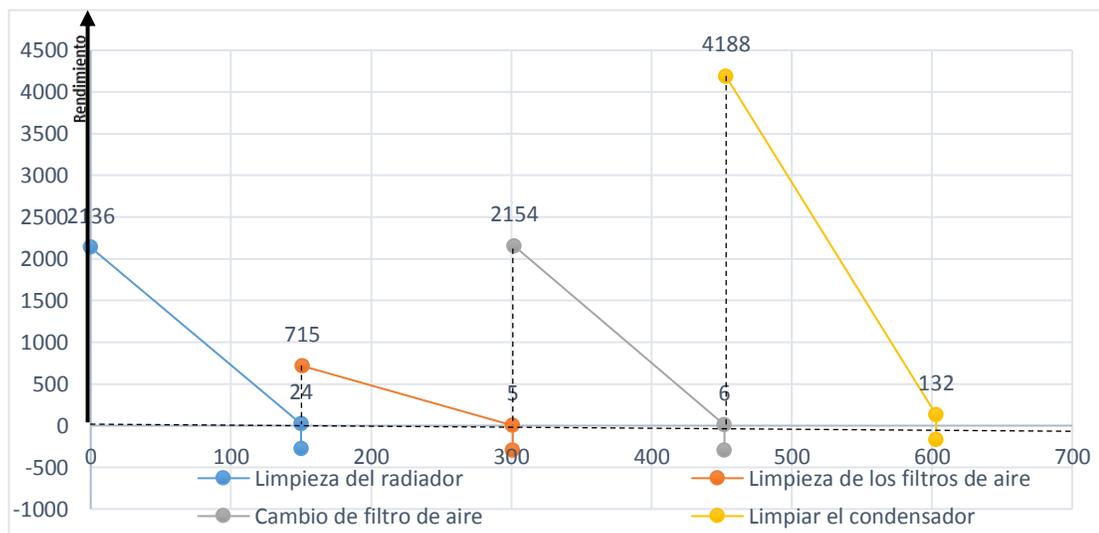
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 3-Indicadores de la unidad de pre enfriamiento

INDICADORES DEL EQUIPO UNIDAD DE PRE ENFRIAMIENTO						
N°	Actividad	Tiempo total disponible (horas)	Tiempo total de reparación (horas)	N° de Paradas	MTBF (horas)	MTTR (horas)
1	Limpieza del radiador	8.640	96	4	2.136	24
2	Limpieza de los filtros de aire	8.640	60	12	715	5
3	Cambio de filtro de aire de la unidad de pre-enfriamiento	8.640	24	4	2.154	6
4	Limpiar el condensador	8.640	264	2	4.188	132

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Figura V 2-Indicadores de la unidad de pre enfriamiento



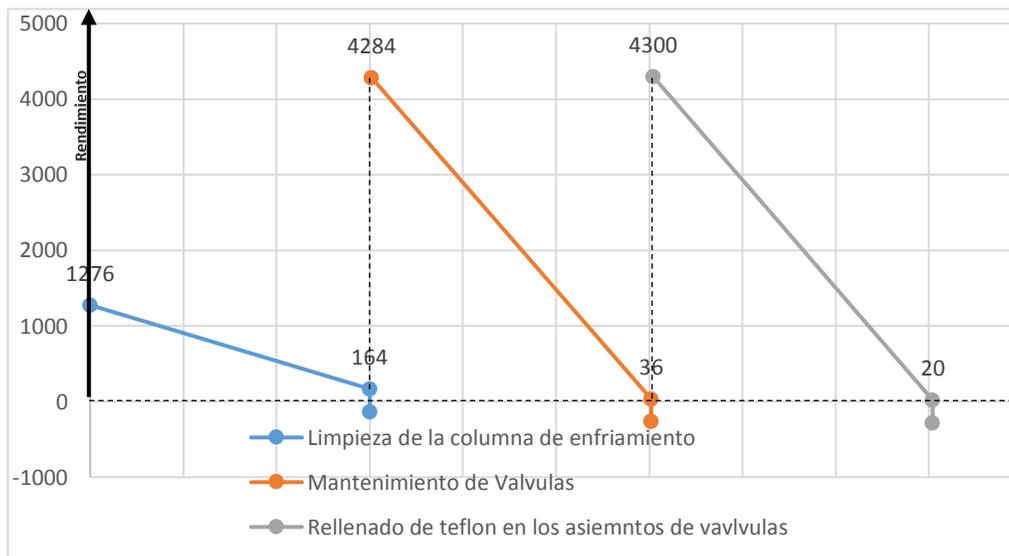
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 4 -Indicadores de la columna de enfriamiento

INDICADORES DEL EQUIPO DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO						
N°	Actividad	Tiempo total disponible (horas)	Tiempo total de reparación (horas)	N° de Paradas	MTBF (horas)	MTTR (horas)
1	Limpieza de la columna de enfriamiento	8.640	984	6	1.276	164
2	Mantenimiento de Válvulas	8.640	72	2	4.284	36
3	Rellenado de teflón en los asientos de válvulas	8.640	40	2	4.300	20

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Figura V 3-Indicadores de la columna de enfriamiento



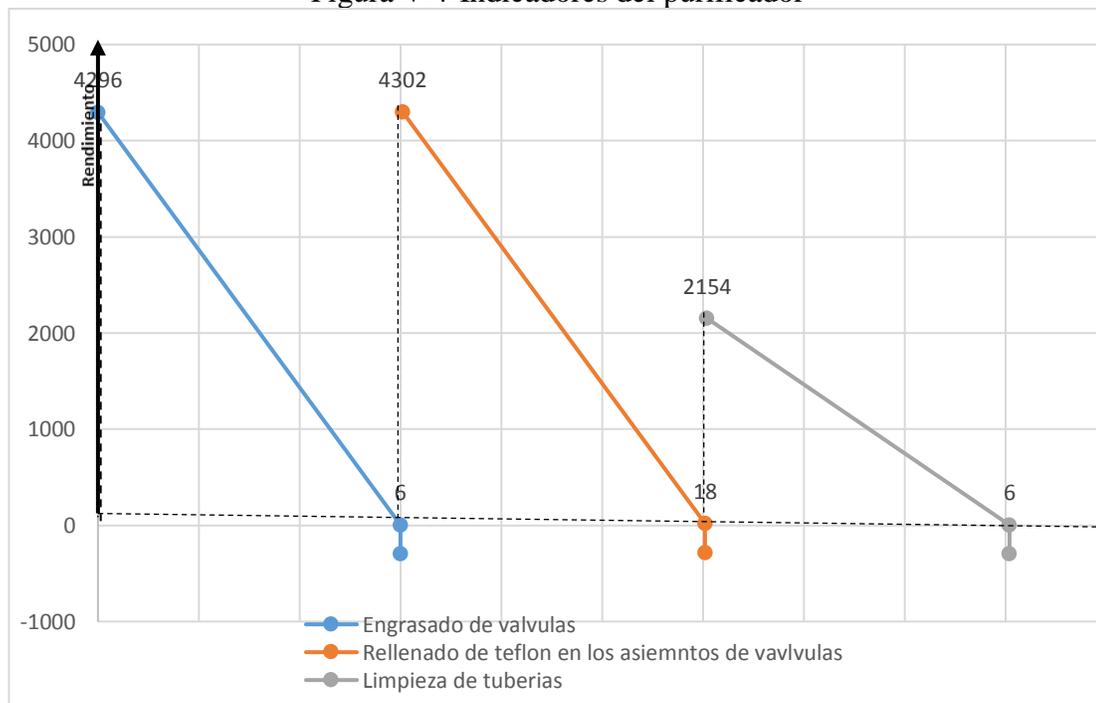
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 5-Indicadores del purificador

INDICADORES DEL EQUIPO DEL PURIFICADOR						
N°	Actividad	Tiempo total disponible (horas)	Tiempo total de reparación (horas)	N° de Paradas	MTBF (horas)	MTTR (horas)
1	Engrasado de válvulas	8.640	12	2	4.296	6
2	Rellenado de teflón en los asientos de válvulas	8.640	36	2	4.302	18
3	Limpieza de tuberías	8.640	24	4	2.154	6

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Figura V 4-Indicadores del purificador



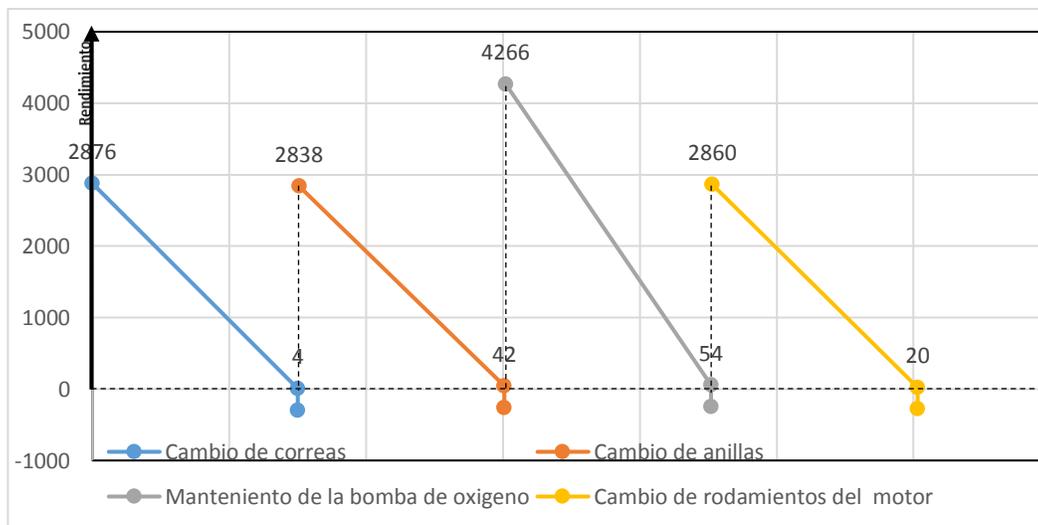
Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 6-Indicadores de la bomba de oxigeno

INDICADORES DEL EQUIPO BOMBA DE OXIGENO						
N°	Actividad	Tiempo total disponible (horas)	Tiempo total en reparación (horas)	N° de Paradas	MTBF (horas)	MTTR (horas)
1	Cambio de correas de la bomba de oxigeno	8.640	12	3	2.876	4
2	Cambio de anillas de la bomba de oxigeno	8.640	126	3	2.838	42
3	Mantenimiento de la bomba de oxigeno	8.640	108	2	4.266	54
4	Cambio de rodamientos del motor	8.640	60	3	2.860	20

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Figura V 5-Indicadores de la bomba de oxigeno



Fuente: Elaboración Propia, 2023.

El cuadro de indicadores de cada equipo aplicado sobre la propuesta del programa de mantenimiento preventivo de acuerdo a la métrica MTBF indicará en cuanto tiempo se realizará la actividad programada, es decir la actividad se realizará al cumplir las horas de funcionamiento, en cuanto a la métrica MTTR indica el tiempo que se tarda en realizar la actividad o reparación.

Las gráficas de cada uno de los equipos indica su aplicación de los indicadores MTBF y MTTR, como se puede observar la métrica MTBF indica el cumplimiento de las horas en las que se realizara la actividad programada y el MTTR indica el tiempo de realización de la actividad.

4.4.1. Comparación del mantenimiento actual vs el mantenimiento propuesto

Para verificar la efectividad del programa de mantenimiento mediante la aplicación de los indicadores, se realizará una comparación entre el mantenimiento actual vs el mantenimiento propuesto de cada equipo.

Tabla V 7-Indicadores del compresor aire tornillo

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DEL COMPRESOR AIRE TORNILLO										
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	N° Paradas identificadas	N° Paradas programadas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Limpieza del radiador de aceite y aire	8.640	162	96	6	4	1.413	2.136	27	24
2	Limpieza de los filtros de aire	8.640	98	48	14	12	610	716	7	4
3	Cambio de filtro de aceite	8.640	48	24	6	4	1.432	2.154	8	6
4	Cambio de aceite	8.640	48	24	6	4	1.432	2.154	8	6
5	Cambio de filtro de paso	8.640	60	32	6	4	1.430	2.152	10	8
6	Cambio de filtro de aire	8.640	48	24	6	4	1.432	2.154	8	6

7	Cambio de filtro de separador	8.640	60	32	6	4	1.430	2.152	10	8
8	Retirar la suciedad de la tubería	8.640	90	48	6	4	1.425	2.148	15	12
9	Cambio de mangueras de alta presión	8.640	56	24	4	2	2.146	4.308	14	12
10	Cambio de rodamientos del motor	8.640	160	108	4	3	2.120	2.844	40	36

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 8-Indicadores de la unidad de pre- enfriamiento

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DE LA UNIDAD DE PRE- ENFRIAMIENTO										
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	N° Paradas identificadas	N° Paradas programadas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Limpieza del radiador	8.640	162	96	6	4	1.413	2.136	27	24
2	Limpieza de los filtros de aire	8.640	120	60	13	12	655	715	9	5
3	Cambio de filtro de aire de la unidad de pre-enfriamiento	8.640	40	24	5	4	1.720	2.154	8	6
4	Limpiar el condensador	8.640	288	264	2	2	4.176	4.188	144	132

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 9-Indicadores del purificador

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DEL PURIFICADOR										
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	N° Paradas identificadas	N° Paradas programadas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Engrasado de válvulas	8.640	24	12	3	2	2.856	4.296	8	6
2	Rellenado de teflón en los asientos de válvulas	8.640	72	36	3	2	2.856	4.302	24	18
3	Limpieza de tuberías	8.640	40	24	5	4	1.720	2.154	8	6

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 10-Indicadores de la columna de enfriamiento

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DE LA COLUMNA DE ENFRIAMIENTO										
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	N° Paradas identificadas	N° Paradas programadas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Limpieza de la columna de enfriamiento	8,640	1.176	984	7	6	1.066	1.276	168	164
2	Mantenimiento de Válvulas	8,640	120	72	3	2	2.840	4.284	40	36
3	Rellenado de teflón en los asientos de válvulas	8,640	72	40	3	2	2.856	4.300	24	20

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 11-Indicadores de la bomba de oxígeno

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DE LA BOMBA DE OXIGENO										
N°	Actividad	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	Tiempo total de reparación (hora/año)	N° Paradas identificadas	N° Paradas programadas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Cambio de correas de la bomba de oxígeno	8.640	30	12	5	3	1.722	2.876	6	4
2	Cambio de anillas de la bomba de oxígeno	8.640	192	126	4	3	2,112	2.838	48	42
3	Mantenimiento de la bomba de oxígeno	8.640	180	108	3	2	2.820	4.266	60	54
4	Cambio de rodamientos del motor	8.640	96	60	4	3	2.136	2.860	24	20

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Tabla V 12-Indicadores de los equipos

TABLA COMPARATIVA DE INDICADORES DE LOS EQUIPOS									
N°	Actividades	Tiempo total disponible (hora/año)	Tiempo total de reparación sin inventario (hora/año)	Tiempo total de reparación con inventario (hora/año)	N° Paradas	MTBF actual	MTBF propuesto	MTTR actual	MTTR propuesto
1	Cambio de filtro de aceite compresor	8.640	1.080	24	4	1.890	2.154	270	6
2	Cambio de aceite del compresor	8.640	1.080	24	4	1.890	2.154	270	6
3	Cambio de filtro de paso del compresor	8.640	1.080	32	4	1.890	2.152	270	8
4	Cambio de filtro de aire del compresor	8.640	1.080	24	4	1.890	2.154	270	6

5	Cambio de filtro de separador	8.640	1.080	32	4	1.890	2.152	270	8
6	Cambio de filtro de aire de la unidad de pre-enfriamiento	8.640	1.080	24	4	1.890	2.154	270	6
7	Cambio de correas de la bomba de oxígeno	8.640	1.080	12	3	2.520	2.876	360	4
8	Cambio de anillas de la bomba de oxígeno	8.640	1.080	126	3	2.520	2.838	360	42
9	Cambio de rodamientos del motor	8.640	1.080	60	3	2.520	2.860	360	20

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Para la elaboración de las tablas comparativas se tomó como base los mismos parámetros de las primeras tablas de los indicadores de cada equipo, para realizar la comparación se adjuntó los datos recopilados del actual mantenimiento de la empresa vs la propuesta del programa de mantenimiento preventivo.

Como se puede observar en cada una de las tablas presentadas, el indicador MTBF propuesto es mayor al indicador MTBF actual y el MTTR propuesto es menor en comparación al MTTR actual, de esta manera se logra cumplir los objetivos planteados de cada indicador, por lo cual se verifica la efectividad del programa de mantenimiento en comparación al mantenimiento actual.

CAPITULO V

**COSTOS DE INCORPORACION DEL PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

5.1. Presupuesto de Implementación

Los costos de la implementación para la Importadora Jasel del nuevo sistema de mantenimiento preventivo, se dividen en dos:

5.1.1. Costos fijos

Para el análisis de inversión respecto a los costos fijos se toma en cuenta el salario del nuevo personal encargado del programa de mantenimiento a implementarse, un gavetero para tener un orden y lugar donde se encuentren los documentos del programa de mantenimiento, también se invertirá en estantes metálicos para acomodar los repuestos necesarios como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla VI 1-Costos fijos

Costos fijos				
Personal de trabajo				
Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Técnico Mecánico	Mes	12	3.000	36.000
Operador	Mes	12	2.362	28.344
Muebles y enseres				
Gavetero	Unidad	1	1.000	1.000
Estante metálico	Unidad	3	200	600
Total				65.944

Fuente: Elaboración propia, 2023.

5.1.2. Costos variables

Para el análisis respecto a los costos variables se toma en cuenta las capacitaciones al personal, la adquisición de repuestos y materiales de escritorio para el programa de mantenimiento preventivo que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla VI 2-Costos variables

Costos variables				
Ítem	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Capacitaciones al personal	Mes	2	800	1.600
Adquisición de repuestos		1	14.126	70.666
Material de Escritorio				
Paquete de hojas	Unidad	6	30	180
Paquete de folders	Unidad	1	95	95
Tablero acrílico	Unidad	6	14	84
Paquete de lapiceras	Unidad	3	30	90
Impresión	Frascos de tinta	4	70	280
Total				72.995

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla VI 3-Costo total de implementación

Costo total de implementación	
Costos fijos	65.944
Costos variables	72.995
Total	138.939

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede observar la inversión total es de Bs. 138.939 Bs. la cual contempla todas las actividades a realizar para una implementación del Programa de Mantenimiento Preventivo para los equipos de la línea de producción de oxígeno de la empresa Importadora Jasel.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La empresa Importadora Jasel no cuenta con una base de datos sobre el historial de los equipos de la línea de producción de oxígeno, historial de falla, ni mantenimientos realizados
- El control en las inspecciones de los equipos de la línea de producción de oxígeno es deficiente, esto debido a que no se cuenta con guías de inspección, lo que no permite hacer un seguimiento correcto para predecir fallas en los equipos o cuando estos necesitan una reparación.
- Se elabora satisfactoriamente el diagnóstico de la situación actual de los equipos de la empresa Importadora Jasel, para llevar a cabo este diagnóstico se utiliza las herramientas de matriz de riesgos, AMFE y Pareto, con el fin de determinar las fallas más reiterativas y de mayor importancia que se presentaban en los equipos de línea de producción de oxígeno, en dicho diagnóstico se toma como base el documento de recopilación de fallas es decir paradas no programadas de cada equipo.
- Conforme al diagnóstico realizado a los equipos de la empresa se determina la clasificación de fallas 16% intolerables, 37% importantes, 26% moderadas y 21% bajas. A partir de este diagnóstico se realiza el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la situación de la empresa en cuanto a las paradas no programadas en los equipos de la línea de producción de oxígeno.
- Se realiza un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, con la finalidad de permitir un mejor control y prolongar la vida útil de los equipos de la línea de producción de oxígeno, en el cual se puede apreciar cada cuantas de horas de funcionamiento se debe realizar un mantenimiento preventivo, en base a esta planificación se tendrá un inventario de repuestos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento.
- Con la finalidad de cumplir con el diseño del programa de mantenimiento preventivo, se diseña la documentación (planillas, registros, instructivos y fichas) necesaria para la realización y control de las actividades elaboradas en el programa de mantenimiento preventivo.

- Se elabora el manual de procedimientos de los equipos más indispensables en la línea de producción de oxígeno, el cual permite que el personal pueda recurrir a este documento para el funcionamiento de los equipos.
- Se elabora satisfactoriamente el manual del diseño de programa de mantenimiento preventivo, ya que este documento es indispensable para que todo el personal conozca y ejecute los pasos apropiados que aseguren el buen funcionamiento de los equipos de la línea de producción de oxígeno.
- Se plantean los Indicadores de MTBF y MTTR que permitan medir el desempeño de las actividades de mantenimiento realizadas, midiendo la eficiencia de los mantenimientos realizados a equipos de línea de producción de oxígeno, mejorando así el funcionamiento de los mismos y alargando su vida útil.
- Para la implementación del programa de mantenimiento preventivo se elabora el presupuesto, en el cual se tiene un monto de 138.939 Bs.
- Se elabora la documentación del diseño del programa de mantenimiento preventivo en base a los requisitos de las normas ISO 9001 y ISO 55000.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Importadora Jasel implementar el diseño del programa de mantenimiento preventivo en su totalidad, permitiendo así detectar fallas prematuras en los equipos de la línea de producción de oxígeno, además prolongar la vida útil y mejor el funcionamiento de los mismos.
- Se recomienda hacer uso de los registros, planillas, instructivos y fichas en el momento que corresponda, debido a que permitirán realizar inspecciones adecuadas además de contar con un historial de los equipos, historial de fallas y mantenimientos realizados, para que la empresa pueda hacer un control de los equipos de la línea de producción de oxígeno.

- Se recomienda que toda la información documentada, como el manual del diseño de programa de mantenimiento preventivo, sea evaluado y actualizado en cada gestión, para que de esta manera se tenga una mejora continua en la empresa.
- Se recomienda que la empresa se comprometa a realizar las capacitaciones pertinentes al personal para que de esta forma genere una concientización continua en ellos y que sus procesos sean más productivos.
- Se recomienda que la documentación sea de fácil acceso para el personal y que tengan conocimiento de la existencia de los mismos.
- Se recomienda realizar evaluaciones mediante los indicadores planteados en este proyecto, como también evaluaciones periódicas del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo y verificación de stock de repuestos.
- Se recomienda a la alta dirección compromiso y seguimiento con implementación total del Programa de mantenimiento preventivo, propuesto en el presente proyecto, para lograr una mejora continua y obtener resultados esperados, como también aumentando la vida útil de los equipos de la línea de producción de oxígeno y tener un ambiente seguro en la empresa.
- Al rescatar información para la elaboración de los documentos se percató que la poca documentación guardada se encuentra descuidada por lo que se recomienda resguardar tal información ya que es proveniente de los distintos fabricantes de las máquinas.
- Las fichas elaboradas en el presente proyecto son de gran ayuda para futuras referencias ya que sintetizan lo esencial e importante de cada máquina, por lo que se recomienda considerarlas parte de administración de la empresa y que las mismas se actualicen a medida el transcurso del tiempo.

- Para un resultado exitoso del programa de mantenimiento, se debe considerar cada cierto tiempo realizar reuniones informativas con el personal involucrado en las tareas, realizar auditorías internas sobre los resultados, información y materiales así confirmar que lo recaudado es información verídica.
- Se recomienda considerar la compra del inventario de repuestos ya que con este se evitará retrasos, el mismo fue creado de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo y la coordinación del actual jefe de producción.