



## **TITULACIÓN**

### **TESIS PROFESIONAL**

Implementación del mantenimiento preventivo a las bombas centrífugas durco  
en la empresa IQCitrus Álamo Temapache.

### ***PARA OBTENER EL TITULO DE:***

Ingeniero (a) Industrial

### **PRESENTA**

Josue Gadiel Pérez Hernández

### **DIRECTOR DE TESIS**

M.C Alejandra Morales Martínez

### **CO- DIRECTOR DE TESIS**

M.I.I German Domínguez Carrillo

**XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. MARZO 2023**



## Dedicatoria

La dedicación de este trabajo primeramente se la debo a Dios el cual me ha bendecido infinitamente y me colmado de vida para poder realizarme como profesionista y ser la persona que soy.

A mis padres gracias a ellos y por su apoyo he logrado llegar a este punto de mi vida y alcanzar las metas que me he propuesto en la vida, gracias a ellos por los consejos y en ocasiones los regaños para poder ser una persona de bien. Agradecer sinceramente a mi asesor de proyecto la M.C. Alejandra Morales Martínez, por el esfuerzo grande y dedicación para formarme como profesional y aportarme sus conocimientos, orientaciones y la manera de trabajar conmigo, la perseverancia y sobre todo la gran paciencia lo cual ha sido fundamental para mi formación.

También me gustaría agradecer los consejos recibidos a lo largo de los últimos años por otros profesores de la carrera de ingeniería industrial del ITSAT, de que una manera u otra han aportado su granito de arena para mi formación.



## **Agradecimientos**

Los resultados de este proyecto están dedicados a todas aquellas personas que formaron parte de mi culminación, sobre todo a mis padres, que me han brindado su amor y apoyo emocional sus consejos que como hijo en ocasiones no los entiendo sé que ellos están siempre para ayudarme, doy gracias a Dios por darme la dicha de llegar hasta aquí, por esa fortaleza. Gracias a mis amigos y maestros que son parte fundamental en este proceso, por trabajar en equipo y hacer menos pesado el trabajo, lo aprecio mucho y agradezco por su amistad.



## **Resumen:**

El proyecto tiene como finalidad una mejorar atreves del mantenimiento preventivo con base fundamental que es la metodología FMECA Y PM en la Empresa IQCitrus (Internacional Química De Cobre) dedicada a los cítricos en Agua nacida Álamo Temapache Ver.

Se decide implementar la metodología FMECA en esta empresa con el fin de poder reducir las fallas en el evaporador de 40 kilibras por lo cual va consistir en tener la técnica adecuada del mantenimiento y asi cumplir con el objetivo principal y final el aumentar la eficacia de las bombas centrifugas de la empresa. Con esto se prevé evitar pérdidas en la productividad debido a los fallos en las bombas y tener perdidas costosas y reparaciones tardas dentro del proceso.

Se planteo como objetivo primordial reducir los fallos del área de evaporadores y siguiendo los pasos estandarizados del mantenimiento preventivo para lograr una eficacia lo cual se logró reducir un 38% del problema teniendo un avance positivo en la base a ala metodología FMECA esto nos dice que hay una eficacia y una disminución aceptable en los fallos dentro del objetivo que se plantea a principio del proyecto.



## Summary

The purpose of the project is to improve through preventive maintenance with a fundamental base that is the FMECA and PM methodology in the Company IQCitrus (International Copper Chemical) dedicated to citrus in Agua nacida Álamo Temapache Ver.

It is decided to implement the FMECA methodology in this company in order to reduce failures in the 40-kilogram evaporator, for which it will consist of having the appropriate maintenance technique and thus comply with the main and final objective of increasing the efficiency of the centrifugal pumps of the company. With this, it is expected to avoid productivity losses due to pump failures and costly losses and delayed repairs within the process.

The primary objective was to reduce failures in the evaporator area and following the standardized steps of preventive maintenance to achieve efficiency, which was able to reduce the problem by 38%, having a positive advance based on the FMECA methodology, this tells us that there is an efficiency and an acceptable decrease in failures which is within the objective that is set at the beginning of the project



## Índice

1. Introducción .....	1
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación .....	4
1.3 Hipótesis .....	5
1.5 Objetivos Generales y Particulares .....	5
2. Marco teórico.....	6
2.1 Investigación de la bomba centrífuga durco .....	6
2.2 Afectación de la bomba centrífuga durco .....	7
2.3 Necesidades de la información .....	7
2.4 Investigación y su diseño.....	7
2.5 Técnica para recolección de la información .....	7
2.6 Metodología FMECA .....	8
2.7 Datos de información.....	8
2.8 Desarrollar la recolección de datos obtenidos .....	8
2.9 Identificación de causas de falla.....	9
2.14 Tipo de estudio y su determinación .....	11
2.15 Investigación Cuantitativo.....	12
2.16 FMECA de procesos.....	12
2.17 Riesgos prioritarios .....	13
2.18 Nivel de ocurrencia de falla.....	13
3. Estado del arte.....	14
4. Metodología.....	16
4.1 Etapa Definir.....	16
4.2 Fallas recurrentes de la bomba centrífuga .....	17
4.2.1 falla de la bomba por suministros de agua.....	18
4.2.2 El caudal es insuficiente.....	18
4.2.3 Motor de la bomba sobre cargado.....	19
4.2.4 Constante perdida de seba.....	19
4.2.5 Insuficiente presión en la bomba.....	19
4.2.6 Fallas primarias en empaques y sellos.....	20



4.3 Implementación de ciclo de Deming .....	20
4.4 FMECA análisis de falla.....	21
4.5 FMECA su función.....	21
4.5.1 Volumen de control y selección.....	21
4.6 Componentes del sistema de la bomba y sus fronteras.....	22
4.7 Funciones primarias y secundarias plasmada en tablas .....	22
4.7.1 Sistema de bombeo con el análisis FMECA.....	23
4.8 sistema de bombeo aplicando función real y potencial .....	23
4.8.1 Fallas funcionales descritas .....	23
4.8.2 Causas de modo de falla. ....	25
4.8.3 Modo de listas de componente que sufren daños en la bomba centrífuga durco.....	25
4.9 Información obtenida con base a la toma de datos obtenidas dentro de un rango de 3 meses.....	25
4.9.1 Interpretación de grafica de Pareto. ....	27
4.9.2 Obtención de información con el Diagrama de Ishikawa.....	28
4.10 El análisis y mantenimiento de las bombas centrífugas .....	28
4.11 Fallas por rodamiento. ....	29
4.12 severidad .....	30
4.12 Evaluación de severidad mediante el RPN .....	36
4.13 trabajo para eliminar los fallos.....	41
4.13.1 trabajo correctivo. ....	41
4.13.2 Trabajo preventivo.....	41
4.14 fallas eliminadas a través de mantenimiento preventivo. ....	41
4.15 Desarrollo del plan preventivo.....	42
4.16 Definición de bombas centrífuga durco, mecanismo con sus partes. ....	42
4.16.1 instrucciones para acciones del mantenimiento planteado. ....	44
4.16.2 Seguridad personal.....	44
4.16.2.1 Observaciones para desmontaje del sistema.....	44
4.17 Planes de acción para cada componente de la bomba centrífuga durco .....	44
4.18 Acciones preventivas y la frecuencia.....	47
4.18.1 mantenimiento preventivo y su tiempo de ejecución.....	48
5. Análisis, discusión de resultados .....	50
5.1 Explicación de resultados del antes y después de aplicación del método FMECA.....	50



5.2 Implementación del método de las bombas centrifugas y su mejoramiento con el método FMECA..... 52

5.3 Comparación del antes y después de implementar el método FMECA ..... 54

6. Conclusiones ..... 55

Referencias Bibliográficas ..... 56

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Características técnicas de los componentes del sistema principal. .... 22

Tabla 2. Función bomba centrifuga durco. .... 23

Tabla 3. Fallas funcionales del subsistema de la bomba centrifuga durco. .... 24

Tabla 4. Fallas de las bombas. .... 26

Tabla 5. Modos de fallo de una Bomba centrifuga. .... 29

Tabla 6. Modos de falla de los rodamientos. .... 30

Tabla 7. Fallos ocultos ..... 30

Tabla 8. Impacto físico ..... 31

Tabla 9. Medio Ambiente ..... 31

Tabla 10. Impacto corporativo ..... 31

Tabla 11. Costo en el Mantenimiento. .... 31

Tabla 12. Efecto en el cliente..... 31

Tabla 13. Calculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrifuga 1. .... 32

Tabla 14. Calculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrifuga 2. .... 33

Tabla 15. Calculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrifuga 3. .... 34

Tabla 16. Calculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrifuga 4. .... 35

Tabla 17. Posibilidad de ocurrencias. .... 36

Tabla 18. Probabilidad de detección..... 36

Tabla 19. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrifuga 1..... 37

Tabla 20. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrifuga 2..... 38

Tabla 21. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrifuga 3..... 39

Tabla 22. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrifuga 4..... 40

Tabla 23. Tipos de tarea realizadas a las bombas. .... 42

Tabla 24. Mecanismo..... 43





Tabla 25. Instructivo de mantenimiento preventivo. .... 46

Tabla 26. Acciones a tomar y tiempo a realizar el mantenimiento..... 47

Tabla 27. Frecuencia de las acciones preventivas ..... 47

Tabla 28. Frecuencia y acciones preventivas tipo de frecuencia y tiempo de realización ... 48

Tabla 29. Fallas recurrentes de las bombas centrifugas durco la comparación y de los resultados tomados antes del proyecto..... 50

Tabla 30. Fallas recurrentes de las bombas centrifugas durco ya implementado el metodo FEMCA..... 52

**LISTA DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Partes más frecuentes de la bomba centrifuga fuente: propia..... 6

Ilustración 2. Diagrama de estudio de mantenimiento MP..... 10

Ilustración 3. Proceso de análisis de fallas fuente: (Mora,2005,180). .... 12

Ilustración 4 aplicación del FMECA con respecto a fallas fuente: propia ..... 13

Ilustración 5. Diagrama de Pareto de fallas dado al proceso o naturales fuente: propia ..... 16

Ilustración 6. Diagrama de Pareto fallas por mes fuente: propia..... 16

Ilustración 7. Vista lateral y frontal de bomba centrifuga típica Fuente: propia ..... 17

Ilustración 8. Vista frontal de la bomba centrifuga Fuente: propia ..... 17

Ilustración 9. Desmontado de sello e impulsores fuente: propia ..... 17

Ilustración 10. Revisión de flecha fuente: propia ..... 18

Ilustración 11. revisión del sello e impulsores fuente: propia. .... 19

Ilustración 12. Desmontado de centrifuga cambiando arietes, platos, sellos, impulsores y cojinetes fuente: propia..... 20

Ilustración 13. Sistema de bombeo con volumen. .... 21

Ilustración 14. Fronteras de las bombas centrifugas durco..... 22

Ilustración 15. Bomba centrifuga durco. .... 25

Ilustración 16. Diagrama de Pareto con las fallas significativas obtenidas. Fuente: Propia 27

Ilustración 17 Diagrama de Ishikawa Elaboración: propia..... 28

Ilustración 18. Maquina (su sistema de bombeo) ..... 43

Ilustración 19. Ejemplo de formato para acciones mantenimiento preventivo..... 49

Ilustración 20. diagrama de Pareto de fallas y su evaluación ..... 50

Ilustración 21. gráfica dispersión y su comportamiento ..... 51



Ilustración 22. Diagrama de Pareto implementado con el método FMECA ..... 53

Ilustración 23. Grafica de dispersión y su comportamiento. .... 53

Ilustración 24. Graficas dispersión antes de la implementación del método FMECA. .... 54

Ilustración 25. Gráfica de dispersión con la implementación del método FMECA ..... 54



## **1. Introducción**

En la actualidad la empresa Internacional química de cobre opta por reducir los fallos que en segundo plano afecta los tiempos de paros al estar la temporada alta de molienda de cítricos, para ello se piensa en lograr una eficacia en todas las temporadas para ser una empresa reconocida nacionalmente e internacionalmente es necesario contribuir a una buena calidad en los productos que procesa.

En lo que respecta se enfocara en el mantenimiento preventivo a él evapora de 40 kilibras todo esto porque es el principal punto crítico de control importante en la instalación industrial por tal motivo se opta por el mantenimiento preventivo y basándose en la metodología por lo cual se enfoca más a prevenir los fallos en las bombas centrifugas y asi tener una minoría de riesgos en el evaporador de 40 kilibras. Para reducir e intentar mejorar y no tener errores se planifica el área del evaporador de la empresa (*Blog Seguas, 2018*).

Al tener la realización del proyecto se enfoca en la mejor resistencias y eficacia para las bombas centrifugas durco Mark 3 ASME implementando la propuesta del mantenimiento preventivo en la empresa Internacional Química De Cobre al área de evaporadores principalmente en las bombas antes mencionadas con el método FMECA se busca mejorar la eficacia mejoraran el proceso y una efectividad.

Se decide atacar el problema porque los evaporadores son la parte importante en la empresa y es por donde pasa el jugo y es procesado es por ello para evitar que sufran averías más costosas de reparar y perdidas a partir de esto se pueda alargar la vida útil del mismo y tener una mejor calidad del producto(jugo). (*Vidal, STEL Orden, 2021*).

Al tener analizando las fallas por 1 mes las más frecuente ocurrieron en las bombas en la planta en el área de evaporadores con esto el problema que se desea prevenir es la falla y los paros repentinos con el mantenimiento preventivo y el método FMECA para llevar el control y buscar reducir, eliminar las fallas más constantes sin afectar la metería prima al llegar al cliente (*Bombas Centrifugas.net, 2019*).



## 1.1 Antecedentes

“INTERNACIONAL QUIMICA DE COBRE” es una empresa de origen mexicano la cual tiene más de 10 años de antigüedad en el municipio de álamo temapache ver es la empresa dedicada al procesamiento de cítricos como naranja, limón persa, limón italiano, toronja y Maracuyá con una extensa variedad de productos. Se ha logrado posicionar dentro del mercado internacional y cuenta extensa variedad de productos de alta calidad las cuales se rigen por los estrictos controles de calidad y las certificaciones como la HACCP, KOSHER, HALAL y ISO 22000. Actualmente, son partícipes de certificaciones y normas internacionales que han logrado a ser una mejor empresa para los clientes Garantizando con ello la Seguridad Alimentaria.

La línea de productos la a llevando a aprovechar las mejores propiedades de los cítricos y tener un enfoque nacional e internacional sus principales productos que la han logrado poderse en lo alto son:

- Jugo clarificado
- Concentrado de naranja, toronja y limón
- Aceite Esencial
- Molienda de Maracuyá

El proyecto donde se implementa es el área de mantenimiento en el cual surgen las distintas composturas de bombas y el montado de las mismas con el objetivo primordial de verificar que se cumplan con las reglas establecidas y la implementación de la metodología FMECA se desarrolla durante el periodo acordado para cumplir con el objetivo que es aumentar la eficacia y duración de las bombas centrifugas.



## **1.2 Planteamiento del problema**

En la empresa Internacional química de cobre están comprometidos a convertirse en el proveedor número uno en la exportación de cítricos para ello es necesario contar con proceso estandarizado las menores fallas cuando este el proceso y siempre cuidando la mejor calidad del producto (Jugo clarificado Concentrado de naranja, toronja, limón y aceite esencial). La base fundamental en toda la metodología es que ocurran los menores fallos cuando se empieza la temporada alta de molienda es necesario que el área de mantenimiento inspeccione correctamente las bombas con el mantenimiento preventivo antes de empezar el proceso y para tener la mejor calidad es importante inspeccionar desde el primer proceso es el montado de las bombas que estas estén correctamente ensambladas y las piezas sean de la mejor calidad. *(Hurrieta, 2016) (Vidal, STEL Order, 2021)*.

Dentro del proceso el evaporador de 40 kilibras la causa principal de todo el proceso son las constantes fallas en las bombas centrifugas durco al ocurrir este problema en la empresa Internacional Química de Cobre baja el rendimiento en el proceso del área de producción se resume a pérdidas para la empresa, se genera costo económicos no previstos, ocurriendo esto al no dar un mantenimiento preventivo antes a las maquinas como se debe de realizar, provocando a dañarse otras partes de la bomba centrifugas durco como lo son los sellos, empaques, baleros etc. *(Piatti, 2021), (Connor, 2019)*.

El principal problema es el no saber los componentes que ayudan a funcionar la bomba centrifuga durco Mark 3 ASME y los mecánicos no tienen un rol donde puedan llevar el control de su mantenimiento ocasionado que se descompongan constantemente o que se puedan realizar otras actividades eso se resume a pérdidas de tiempo, lo que a su vez genera que exista una pérdida de producción, el análisis de tiempos es parte importante a partir de los datos arrojados se establecen las metas de tiempos que se pueden optimizar, y con ello verificar el seguimiento de las acciones implementadas *(Energía, 2016)*.



### **1.3 Justificación**

El proyecto de las bombas centrífugas surge en el área de evaporadores, la realización de este proyecto es logra la eficacia y permitir saber cómo poder implementar y solucionar las distintas fallas que se ocasionan al no darles un mantenimiento preventivo cabe resaltar si no se implementa un mantenimiento se ocasionan problemas en la planta tantos retrasos en la producción y gastos económicos por lo cual teniendo como base un diagrama de Pareto con las fallas constantes que se tiende a ver en las bombas centrífugas del evaporador de 40 kilibras y poder tener la optimización de tiempos de las bombas (Echeverria, 2010) mediante la metodología FMECA se piensa llegar al objetivo primordial de tener una mejor vida útil y mejorar su eficacia de esta manera logra solucionar el problema midiendo las posibles causas, analizando los errores que se presentan al no tener un buen mantenimiento y un control adecuado de arreglo de bombas.

Se busca con esto reducir las fallas las cuales afectan al proceso de la molienda de la naranja y sus derivados, los fallos de las bombas centrífugas afectan los procesos a lo largo de la planta e impacta económicamente asociado a los fallos que se tiene un alto costo en las piezas por no tener un mantenimiento correcto. Atraves de un estudio se establece las causas que se ocasionan al tener fallos el área de evaporadores (ACOSTA, 2016). (Energía, 2016). Al analizar este proyecto la empresa Internacional Química de Cobre, se verá beneficiada con esta propuesta, debido a que con la aplicación de estas mejoras se minimizará el número de fallas con la que cuenta esta máquina y se aprovechará de manera eficiente las perdidas, convirtiéndolas en material procesado de manera efectiva, así como el menor desgaste del personal al realizar las actividades. Este proyecto será de gran utilidad para el área de Mantenimiento, denotará las fallas las cuales pudieran se pueden provocar, así como su solución, generando un ahorro de tiempo. Al mismo tiempo generara un apoyo a estudiantes interesados en generar un proyecto de la misma magnitud sirviendo de base para futuras investigaciones.



### **1.3 Hipótesis**

Hipótesis alternativa

H1: Se logrará aumentar la eficacia al darle mantenimiento a la bomba centrífuga durco.

### **1.5 Objetivos Generales y Particulares**

- **Objetivo General**

Generar el mejoramiento para el plan de mantenimiento preventivo y buscar soluciones para los fallos recurrentes de bomba centrífuga durco MARK 3 ASME y así aumentar la eficacia de la bomba.

- **Objetivos específicos**

- Tener información sobre las bombas centrífugas
- Analizar la información y sus fallas recurrentes
- Diseñar tablas y gráficos de la información obtenida
- Proponer las mejoras para los fallos que presenta la bomba.

## 2. Marco teórico

En base a este mantenimiento preventivo se busca reducir la problemática del equipo de bombeo en el evaporador de 40 kilibras por lo cual es de mucha importancia para el proceso con la probabilidad de tener una maximización en lo operativo. El principal mantenimiento en la empresa Internacional química de cobre es el mantenimiento correctivo.

### 2.1 Investigación de la bomba centrífuga durco

Al desarrollar el mejoramiento a las bombas centrífugas durco a la empresa Internacional química de cobre de Álamo lo principal es la investigación y tener las situaciones que ha pasado la empresa por lo cual tiende a haber problemas en las bombas y así tener información que ayude a tener una mejor noción de la problemática que repercute en el evaporador. Contando con la metodología FMECA.

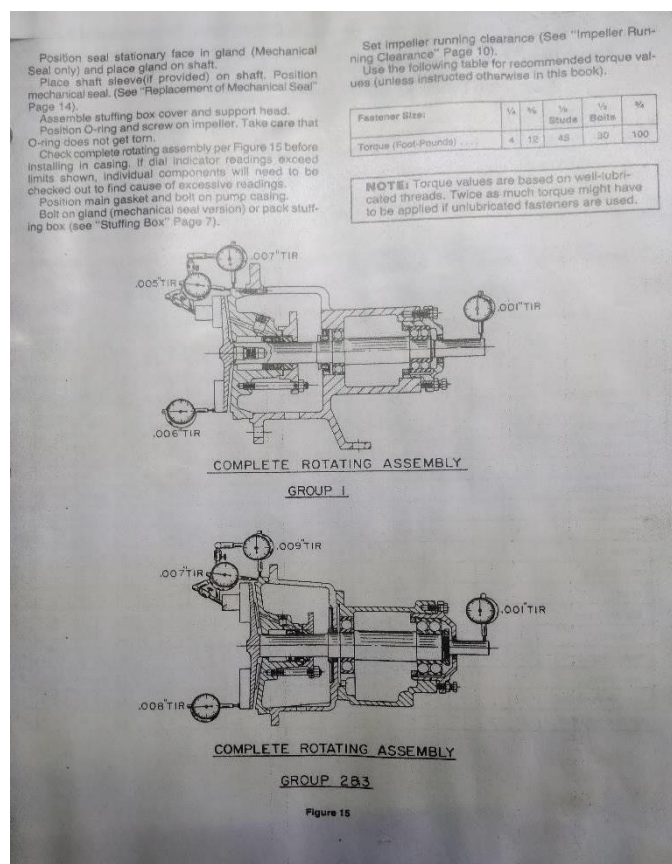


Ilustración 1. Partes más frecuentes de la bomba centrífuga fue: propia





## **2.2 Afectación de la bomba centrífuga durco**

Las fallas repercuten en el proceso de jugo, a la empresa al no tener un buen funcionamiento perjudica y se ocasionan tiempos de inhábiles, y en casos más extremos si no se tiene cuidado en el mantenimiento de las bombas en el área de evaporadores el jugo tiende a ponerse pulposo incluso se llega a quemar o se encarámela buscado reducir estos problemas poder mejorar la eficacia y perfeccionar para un mejoramiento en el proceso (Bombas Centrífugas.net, 2019).

El proyecto abordado especifica la información requerida para poder solucionar este problema; diseñar la metodología para; dirigir e implementar e identificar los fallos y el poder implementar a través de los problemas que surgen. (Taylor, 2014), (ACOSTA, 2016)

## **2.3 Necesidades de la información**

Al conocer el comportamiento de la bomba es parte esencial de este trabajo sobre todo para la identificación de los problemas que surgen al no poder tener un mantenimiento antes de que tiendan a tener averías. Al obtener información que es muy escasa es importante implementar estrategias que se lleven a cabo para reducir los problemas dentro del proceso de la planta y de manera estratégica reducir los fallos en el área de los evaporadores. (SYDLE, 2021).

## **2.4 Investigación y su diseño**

La investigación primeramente será tipo explicativo el cual se diseña para evaluar las alternativas de acción para poder buscar soluciones, y por esta razón no tener problema para la planta y el área de evaporadores. Teniendo como base lo explorativo y para reforzar se utiliza lo explicativo el cual es de forma más puntual y se llevaba a cabo para investigar de forma puntual (Taylor, 2014).

## **2.5 Técnica para recolección de la información**

Obtener los resultados al tener la información dentro del proyecto, se plantea que todas las actividades se han por los métodos de recolección de datos que poder tener bases teóricas o bibliográficas necesarias y así tener el conocimiento sobre algunos conceptos



de nuestra investigación y tener un amplio panorama para poder mejor conocimiento y el trabajo este más complejo.

## 2.6 Metodología FMECA

El FMECA es una herramienta de análisis eficaz la cual ayudara a poder tener una detección de la problemática potencial y sus efectos dentro del área plateada con anterioridad con el fin de poder prevenir los efectos negativos y eliminarlos con estrategias.

## 2.7 Datos de información

Fuentes de datos para el estudio:

### A) Datos primarios:

La recolección de los datos mediante las fallas recurrentes en las bombas la cual se diseña atreves de tablas de comparación con relación a los distintos fallos que ocurren y así poder identificar las fallas que más ocurren y poder tener así la perspectiva de que es lo que ocasión esta situación.

### B) Datos secundarios

Se utilizan datos de segunda mano:

- Datos de la empresa
- Guía empresarial

Se sistematiza la optimización de datos obtenido de la realidad, posteriormente tener la realización de análisis y los resultados que se obtienen interpretarlos y tener en cuenta las fortalezas y debilidades.

## 2.8 Desarrollar la recolección de datos obtenidos

Teniendo el diseño la recolección de datos. Instrucciones

- Identificación de recolección de datos
- Información acerca de la empresa
- Datos de la clasificación



Se utiliza esta técnica para tener la observación las cuales se dividen en primarias y secundarias con datos cuantitativos dentro de la validación respectiva, las cuales se aplican con estrategias de recolección de los datos que indican.

Tabla 1. Variables y los indicadores de recopilación de datos.

Variables	Indicadores	Subindicadores	Técnicas	Instrumentos
Mantenimiento preventivo bomba centrífuga durco	Normatividad	Tipo	observaciones	fichas documentales
		Uso		
	Procesamiento	Diferencias		
		Técnica		
Pruebas de la distribución de jugo	Medición	Instrumentación	observaciones	fichas de campo
		Metodología		
	Aplicación	Urbano		
		Minera		

(Mora,2005,180).

## 2.9 Identificación de causas de falla

Clasificación de causas frecuentes de fallas a las bombas centrífuga durco MARK 3 ASME y como se puede facilitar la detección.

Para esto se utilizará algunos instrumentos como son:

- revistas
- Fichas
- Fotografías



### Diseño atreves de la muestra

Conocer el concepto se puede llegar a pasos y con esto tener la selección de muestras que indica el diagrama.

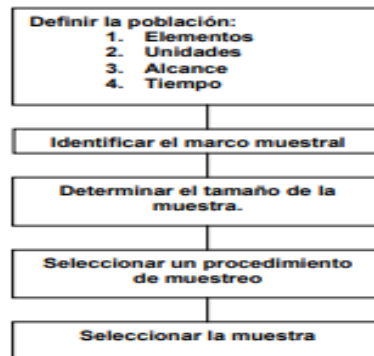


Ilustración 2. Diagrama de estudio de mantenimiento MP

Definición de las bombas para el estudio de mantenimiento MP:

- Elemento: bombas de 1-4 bombas
- Unidades de muestreo: bombas de 1-4
- Alcance: empresa IQCitrus
- Tiempo: 1 agosto al 4 de septiembre 2022

Los elementos de la población son 4-8 bombas quienes tendrán acceso a tener mantenimiento preventivo. Es decir, estas serán las que recibirán los servicios de MP ya que cuentan con mayores defectos.

Las unidades de donde se sacan las muestras de las bombas centrifugas se cumplan con el mantenimiento en la población. El tiempo considerado para la aplicación del mantenimiento a diseñar es de 1 agosto al 4 de octubre 2022.

con base en los datos que se obtengan se calcula el tamaño de muestra:

Nivel de confiabilidad = 95 %  
Alfa = .05  
Valor estadístico en tablas = 1.96

$$\text{Fórmula Utilizada: } n = \frac{Pq}{\frac{E^2 + Pq}{Z^2 + N}}$$



Para seleccionar el método de muestra, se va a considerar si es probabilístico o no probabilístico, donde obtención de unidades de muestra se realiza con base a las bombas del estudio de campo que se realiza. Para la selección de la muestra se deben de cumplir las características de la definición de las bombas localizadas.

## **2.10 Obtención de datos obtenidos**

Se obtienen los datos sobre las fallas que ocurren de forma directa mediante lo cualitativo y se toma una muestra pequeña de bombas.

## **2.11 Procesar datos**

Las herramientas de apoyo a este proyecto son codificación de los datos, mediante el manejo de Excel y Minitab.

## **2.12 Análisis de datos.**

Para analizar los datos obtenidos se toma la base de estadística descriptiva la cual proporciona las medidas resumidas de los datos obtenidos de las muestras.

## **2.13 Presentación de resultados**

La obtención de resultados se obtiene mediante graficas en Excel observado el comportamiento de las fallas a lo largo del tiempo obtenido.

## **2.14 Tipo de estudio y su determinación**

La investigación explorativo fomenta el objetivo para formular los problemas para tener algo más claro y preciso para conllevar a la hipótesis la cual es si se acepta o ser rechaza la investigación. Teniendo este método el objetivo es ayudar a poder mejorar los problemas de la planta y entender el fenómeno de forma eficiente (Martyn Shuttleworth, 2008). Se utiliza en esta parte el método analítico para poder tener más relevancia y mejor enfoque a la investigación planteada a las bombas centrifugas durco el método. (Alejandro Bujan Pérez, 2017).

### 2.15 Investigación Cuantitativa.

La investigación cuantitativa se ocupa para poder preguntar y recabar información con los mecánicos de la empresa las fallas y como ellos han podido solucionar el detalle y sobre todo tener un poco de experiencia en la situación deseada.

### 2.16 FMECA de procesos

A través de la metodología se desea prevenir las fallas de las bombas centrífugas que más repercuten y afectan el área tratada que es el evaporador de 40 kilibras y como de la empresa IQCitrus tomado en cuenta estos fallos no solo afectan a la planta también al cliente esto genera insatisfacción por la falta de mantenimiento.

La al tener el análisis de fallos y los efectos críticos se emplea tener un conteo de los problemas que el área tiene. El principal propósito de la metodología FMECA que nos ayudara a conocer el equipo que se trabaja con el sistema que lo compone y su ensamble.

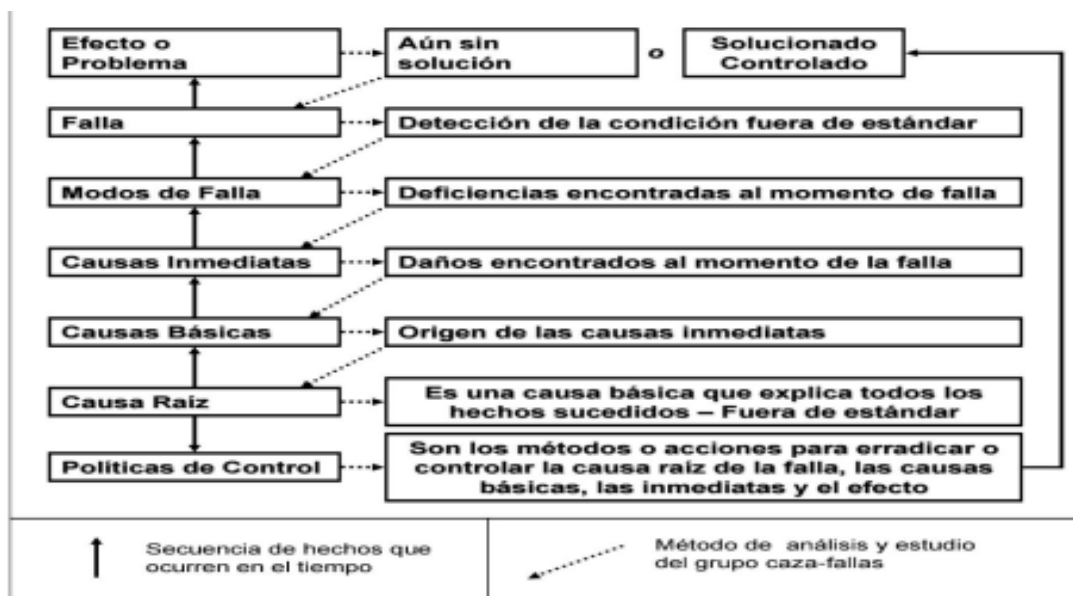


Ilustración 3. Proceso de análisis de fallas fuente: (Mora,2005,180).

El principal interés que se busca con el método FMECA es tener los puntos de más riesgos en lo que respecta a fallos de las bombas centrífugas se busca reducir los fallos y eliminarlos y en este caso tener establecidos el sistema preventivo para poder maximizar

Tomando la aplicación FMECA se plantea primero el análisis de fallas y posteriormente se enfoca en el procedimiento FMECA donde se utilizan tres puntos los cuales son la severidad, la ocurrencia y la detección.

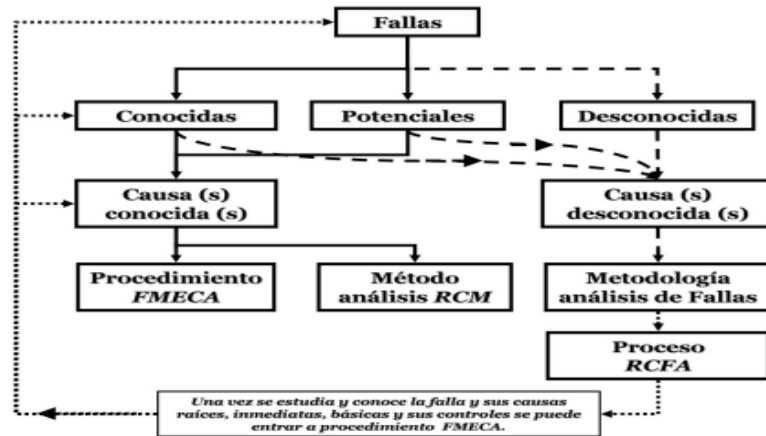


Ilustración 4 aplicación del FMECA con respecto a fallas fuente: propia

### 2.17 Riesgos prioritarios

El producto de numero de riesgos prioritarios se basa con la severidad de efectos y probabilidad para poder identificar las fallas que afecten al producto refiriéndose a tender a fallar y provocar que le jugo se quemé, ponerse pulposo o acaramelado provocando que el cliente rechace el producto por estar en malas condiciones o que no cumpla con las especificaciones (detección).

### 2.18 Nivel de ocurrencia de falla.

Analizar las fallas que surge con más frecuencia y pro que pasan estos desperfectos y como poder realizar el mantenimiento antes que esta comience a tener fallos y el proceso sea detenido (MEARDON, 2020)



### **3. Estado del arte**

IQCitrus es una empresa que ofrece calidad en el producto que vende (jugo pasteurizado, aceite), La cual se centra en mejorar los estándares de calidad, para brindar la mejor experiencia a sus clientes, con la satisfacción de que todos sus productos estarán en las mejores manos. (Girdhar, 2015).

Atraves de lo que surge con el problema la empresa busca la necesidad de reducir el problema tanto de tiempo en el proceso como tener la mejor calidad de producto, y beneficios económicos.

La empresa IQCitrus utiliza bombas para el área de producción y sobre todo grandes pasan recursos importantes y el más importante el proceso del jugo y los derivados los cuales son el aceite esencial, los cuales se someten a proceso de centrifugados cabe resaltar no siempre son de la misma densidad o se derivan de lo mismo.

La realización del proyecto es tener la mejor propuesta para el área de mantenimiento y asi tener la mejor optimización y un mejor desempeño en la empresa

#### **3.1 Estudios sobre los parámetros de las bombas**

En la actualidad las universidades de países como Brasil, Colombia y España establecen que en la base del estudio previo a las selecciones para conocer la importancia de las bombas los estudios realizados en base a los parámetros de las bombas centrifugas no solo es teoría, sino que se aplica para obtener y tener comprobaciones de las características y sus fallas de las bombas centrifugas. En base al estudio se conoce condiciones de las bombas y asi poder dar a el personal se encarga de las funciones del área con conocer en totalidad las fallas y pode saber que hacer al momento de ponerlas a operar y tienda a fallar. (Pozo, 2012), (Todos Derechos Reservados, 2015)

#### **3.2 parámetros aplicados en bombas centrifugas**

En la universidad del politécnico nacional de México entre otras como el Equinoccial y el Chimborazo han tomado el tiempo de analizar los parámetros y las características de las bombas centrifugas durco, por lo cual pode ayudar a formar investigaciones experimentales para que los estudiantes tengan nociones para el campo laboral. (Girdhar & Moniz, 2004).





### **3.3 Mantenimiento preventivo a sistema de bombeo a conjunto de bombas centrifugas.**

Mexichem Resina empresa colombiana busca mejor mediante el mantenimiento preventivo para su sistema de transmisión de la potencia, busca tener estrategias para tener una adecuada función para el sistema y tener una minimización en los costos al generarse por los paros de operaciones a raíz de las fallas de las bombas centrifugas.

### **3.4 Implementación atreves del mantenimiento preventivo para bombas hidráulicas encargadas de bombear Diesel marino a la empresa Petro Comercial S.A.**

En el ´proyecto de Bolaño y Chaves se enfocaron en buscar un mantenimiento centrado en el riesgo, esto para el sistema de bombas hidráulicas de Diesel en Uruba lo cual requiere para mejorar la seguridad y lo disponible en lo operativo ´para permitir ejecutar un mejoramiento claro en el mantenimiento exitoso

### **3.5 Estrategia como una medida única para los problemas de máquinas.**

(Duran,2010) implementa la ´ una mejora en propuesta para el taller de la empresa constructor de servicio industrial buscando darle a la empresa una mejor producción mediante el mantenimiento preventivo para mejorar los problemas de la maquinaria (COSICA)

## 4. Metodología

### 4.1 Etapa Definir

La intención de la etapa definir la causa del problema, el alcance de ele y las medidas que conllevan a la obtención del objetivo primordial que es aumentar la eficacia y las metas propuestas, se tomó en cuenta los fallos naturales, los daños por proceso y otros defectos a los cambios de piezas tomando en cuenta los estándares de calidad que se determinan a lo largo del proceso en esta fase se genera el diagrama de Pareto para observar las fallas que repercuten.

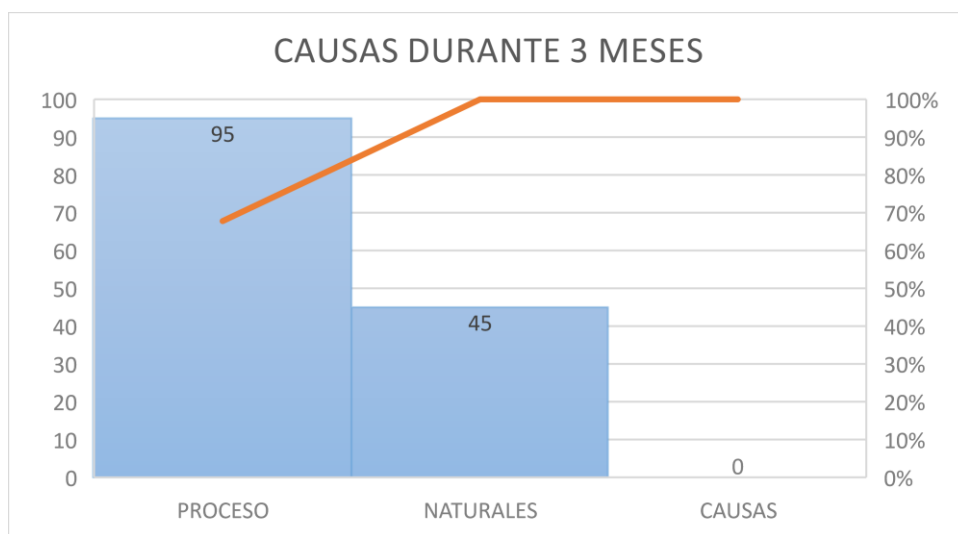


Ilustración 5. Diagrama de Pareto de fallas dado al proceso o naturales fuente: propia

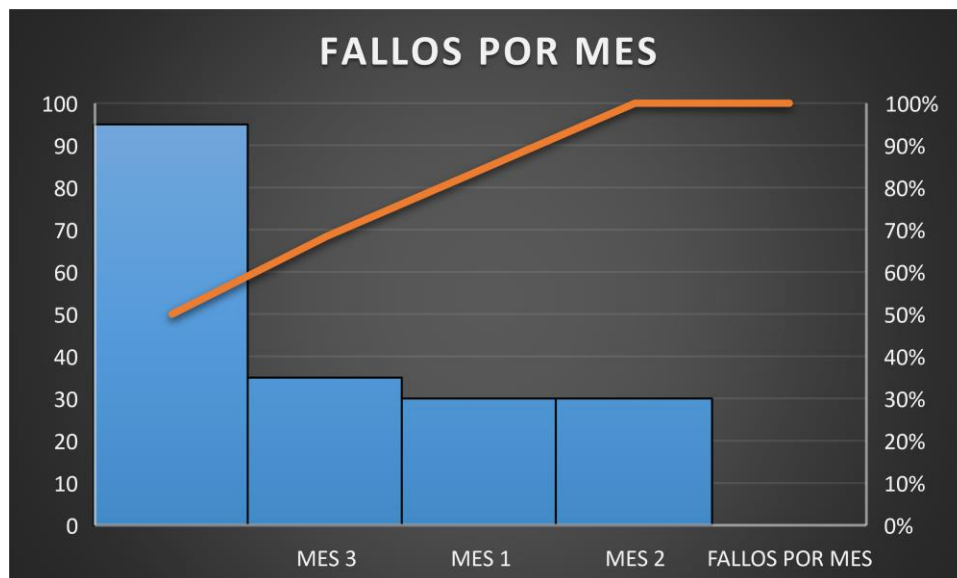


Ilustración 6. Diagrama de Pareto fallas por mes fuente: propia



Ilustración 7. Vista lateral y frontal de bomba centrífuga típica Fuente: propia

**Montaje de bomba** (Cengel & Cimbala, 2006).



Ilustración 8. Vista frontal de la bomba centrífuga Fuente: propia

#### **4.2 Fallas recurrentes de la bomba centrífuga**

Las fallas constantes y los desperfectos de las bombas ocurren por una mala operación o por no tener una revisión cuando están en operación se busca tener parámetros donde se puedan identificar las averías oportunas y la causa de los fallos. (Unac, 2010).



Ilustración 9. Desmontado de sello e impulsores fuente: propia



Ilustración 10. Revisión de flecha fuente: propia

#### **4.2.1 falla de la bomba por suministros de agua.**

Se toma la revisión del estado de la válvula de pie y el filtro no estén obstruidos y verificar que la válvula este cerrando y abriendo correctamente. En ocasiones se tiene en cuenta que la tubería que abastece a la bomba no llega constantemente provocando que se aojen para ello tiene una toma para poder cebarla una recomendación es que si la tubería no tiende a llenarse se debe remplazar la válvula de pie.

Verificaciones sobre la falla de suministro de agua

- Revisión del giro del sentido del motor.
- Verificación que el impulsor tenga la rotación adecuada y girando libremente sobre el eje.

#### **4.2.2 El caudal es insuficiente.**

Causa más frecuente y uno de los problemas que surge en las bombas centrifugas es la disminución del caudal lo cual se provoca por la entrada de aire en la tubería o en el sello. Para este problema se debe tener un análisis sobre algún daño que tenga la tubería o en otro caso desmotar y verificar el sello este correctamente y remplazar los cordones si esta tiene fuga excesiva.



Ilustración 11. revisión del sello e impulsores fuente: propia.

#### **4.2.3 Motor de la bomba sobre cargado.**

- Bomba funcionando fuera del parámetro habitual, la solución para esta falla es y así disminuirá el caudal de la bomba.
- Desbalanceo y vibraciones por daño en el impulsor afectando el funcionamiento normal del motor.
- Daño en rodamiento: se recomienda revisar el motor y los rodamientos de la bomba.
- Detectar si la bomba está alineada correctamente o desalineada.

#### **4.2.4 Constante pérdida de seba.**

- Defecto en la Válvula de pie.
- Sellos y empaques dañados.
- Tubería de aspiración con fuga.

#### **4.2.5 Insuficiente presión en la bomba.**

- Daños en el impulsor ocasionan disminución en la bomba y afecta en la capacidad.
- La poca presión permite la entrada de aire provocando fuga excesiva en el área de impulsión lo cual afecta al proceso y tenga que parar.

### 4.2.6 Fallas primarias en empaques y sellos.

- El desbalanceo ocasionado por falla en impulsor afecta el rodamiento y hace que la bomba tenga desalineamiento.
- Mal selección de los componentes y de mayor durabilidad para garantizar la durabilidad tanto en sellos como en los empaques recomendando ponerle sellos mecánicos de EPDM
- Una de las fallas más constante es la falta de lubricación observar que la bomba no trabaje en vacío o esté pasando agua por los anillos o tomas de lubricación



Ilustración 12. Desmontado de centrífuga cambiando arietes, platos, sellos, impulsores y cojinetes fuente: propia.

### 4.3 Implementación de ciclo de Deming



#### 4.4 FMECA análisis de falla.

Teniendo como base la metodología completa del FMECA se implementa una medición mediante el cálculo RPN y tener las fallas que se encuentren en las revisiones oportunas (AMEF@,2006).

El FMECA su principal propósito es poder ayudar a conocer el equipo y cómo funciona mediante la identificación del sistema y sus componentes y así tener en cuenta cómo aplicar el análisis integral de las fallas (Duffuaa, 1996,.270) (Harrls,1994, 198)(AMEF@,2006).

#### 4.5 FMECA su función.

La función del FEMCA ayuda a este proyecto organizar las tareas que en este caso son correctivas y modificativas para el mantenimiento (Mora,2005,212).

##### 4.5.1 Volumen de control y selección.

Para el volumen de control de las bombas que se evalúan en este caso son las bombas centrífugas y los pasos del evaporador de 40 kilibras que más tiende a tener fallos y se toman en cuenta para definir sus elementos.

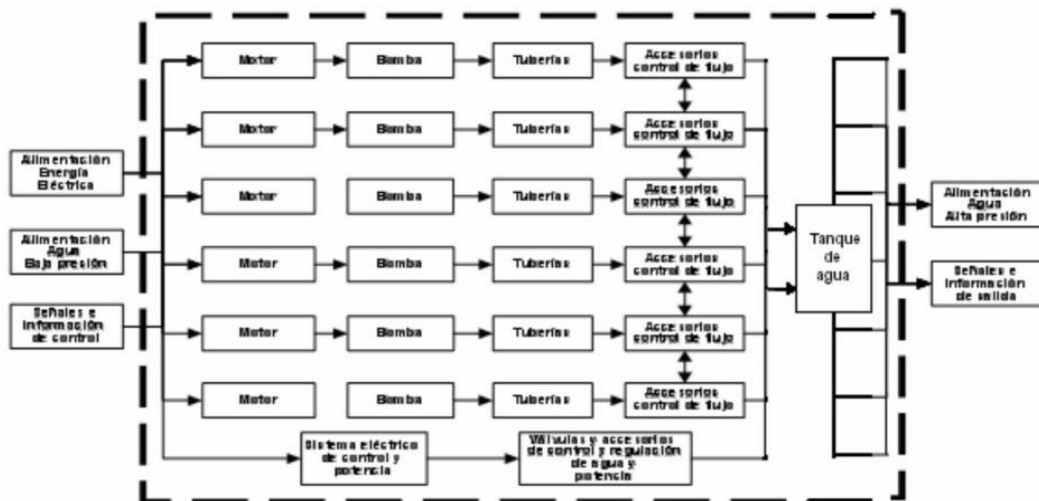


Ilustración 13. Sistema de bombeo con volumen.



Ilustración 14. Fronteras de las bombas centrifugas durco.

#### 4.6 Componentes del sistema de la bomba y sus fronteras.

El sistema de bombeo y las fronteras se refiere a los componentes de donde están puestas las bombas centrifugas los cuales son los pasos que ban enumerados del 1 al 7, los tubos de aire, las fluxerias y el sistema eléctrico. El establecimiento del sistema de bombeo con respecto a la frontera son condiciones de salida y entrada las cuales son la tubería de acero inoxidable por done pasa en líquido (jugo) (Mora,2005,213).

Tabla 1. Características técnicas de los componentes del sistema principal.

	PARTES	SIMBOLOS	DESCRIPCIONES
BOMBA	CAUDAL	q	DE 15 A 20 G/MIN
	PRESION	h	DE 50 A 70 PSI
	TEMPERATURA	t	35°A 100°
	RODAMIENTO	rpm	2500 A 3500
	PRESION DE SALIDA	PS	200 A 220 PSI
MOTOR	TENSION		220 voltios
	CORRIENTE ELECTRICA		3.0 Amperios
	FUERZA		0.8 Kilovatios
	COSENO		0.75
	FRECUENCIA DE MOTOR		65 HERTZ
	ROTACION	rpm	3320

#### 4.7 Funciones primarias y secundarias plasmada en tablas

Los líquidos que pasan atreves del evaporador para poder esterilizar y cumplir con las normas y especificaciones que el cliente pida para exportar el producto. (Mora,2005,216).





Tabla 2. Función bomba centrífuga durco.

FUNCIONES	CODIGOS NUMERICOS	DESCRIPCION
primario	0	resirculamiento del agua en la bomba no dejando elevar la corriente por encima de 3.0 amperios y teniendo un caudal de 15 G/MIN
secundaria	1	Tener la presión en los rangos de 50 a 70 psi
secundaria	2	Aplicar en candadeo al apagar el sistema eléctrico y quitar el candadeo al encender el sistema
secundaria	3	conservar los fluidos dentro de la bomba centrífuga
secundaria	4	Tener implementado el interruptor de emergencia
secundaria	5	potencia mínima de 0.8 KW
secundaria	6	Tener una restricción del fluido
secundaria	7	Tener sistema de alarma cuando la temperatura alcance 75°
secundaria	8	revisar que la temperatura de las bombas al estar operando este por debajo del 75°
secundaria	9	Anclar la bomba para tener la menor vibración
secundaria	10	tratar de tener un nivel de ruido lo más bajo posible.

#### **4.7.1 Sistema de bombeo con el análisis FMECA.**

Para el procedimiento del método FMECA se aplica en forma independiente para ellos el RPN es parte fundamental del FMECA se plasmas las cosas que el operador del evaporador debe tener en cuenta para mejorar el rendimiento y tener una buena eficacia en el bombeo.

#### **4.8 sistema de bombeo aplicando función real y potencial**

La realización se aplica el FMECA que ayuda a conocer lo profundo de los problemas y los efectos que conllevan a las fallas primarias y de segundo plano de la bomba centrífuga, ya sea casos mecánicos o potenciales. Se ponen las causas inmediatas las cuales son de suma importancia atender, y poder buscar la causa raíz del problema.

##### **4.8.1 Fallas funcionales descritas**

Las fallas funcionales del subsistema de las bombas centrífugas se basan en límites los cuales son los utilizados en el bombeo.

Tabla 3. Fallas funcionales del subsistema de la bomba centrífuga durco.

I	numero de cada función	descripciones	tipo de fallas funciones	clave de función	explicación de fallas
primarias	0	tener le recirculamiento del agua al pasar 3.0 amperios y tener un caudal de 70 gpm	A	0-A	mal circulamiento de agua
			B	0-B	la corriente de agua es arriba de los 3.0 Amperios
			C	0-C	caudal menor de 80gpm
			D	0-D	apagar
secundarias	1	presión de la bomba en rango 15 a 20 psi	A	1-A	presión debajo de 15 psi
			B	1-B	presión encima de 20 psi
secundarias	2	tener el interruptor de encendido y apagado	A	2-A	no arranca al accionar el interruptor
			B	2-B	se apaga al accionar
secundarias	3	tener la conservación fluidal en el sistema	A	3-A	disminución de agua
secundarias	4	presionar el paro de emergencia	A	4-A	sigue trabajando la bomba
secundarias	5	trabajar con la mínima potencia	A	5-A	potencia debajo del 0.8 KW
secundarias	6	mantener parcialmente el fluido del agua a la bomba	A	6-A	agua fluye sin inconvenientes
			B	6-B	el fluido se mantiene dentro de la bomba
secundarias	7	verificar los controles del evaporado al alcanzar el motor 40° interrumpir el proceso	A	7-A	se detiene el fluido por encima de 45° c
			B	7-B	el motor no para al estar por encima de 70°
secundarias	8	tener la temperatura debajo de 70°	A	8-A	temperatura encima de 70°
secundarias	9	tener la menor vibración	A	9-A	vibración mayor a 56 pm y 4.0 min/seg
secundarias	10	mantener siempre tapones auditivos dentro del área	A	10-A	el equipo trabaja a más 80 decibeles

## 4.8.2 Causas de modo de falla.

Este punto consiste principalmente en saber el estado del equipo y las incidencias indirectamente todo esto engloba a establecer cuál fue la causa raíz de por qué ocurre este evento y se lleve un listado de todas las factibles teniendo como finalidad implementar operación preventiva o correctiva y así poder controlar la falla y reducir el riesgo que ocurra otro evento igual.

## 4.8.3 Modo de listas de componente que sufren daños en la bomba centrífuga durco

Esta bomba esta compuesta por elemento rotativo los cuales están montados dentro de la carcasa estacionaria.

- Anillos de desgaste
- Impulsor
- Anillo en O
- Alojamiento del Sellos
- Sello mecánico
- Camisa del eje

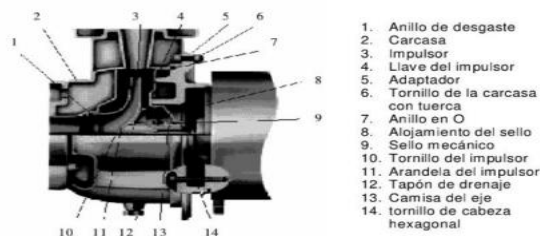


Ilustración 15. Bomba centrífuga durco.

## 4.9 Información obtenida con base a la toma de datos obtenidas dentro de un rango de 3 meses

Teniendo la tabla del análisis de datos, se implementa el listado en el cual se agrupan las fallas de frecuencia de cada bomba y posteriormente identificada en el diagrama de Pareto identificando las más significativas.



Tabla 4. Fallas de las bombas.

PARADAS DE LAS BOMBAS	Fallas de bomba en 3 meses				
FALLA	BOMB A 1	BOMB A 2	BOMB A 3	BOMB A 4	TOTAL GENERAL
Fugas por falta de sellos	5	3	2	1	11
falla por bujes amarrados	2	2	1	1	6
sellos mecánicos	3	0	1	2	6
Falla de los alineamientos por tubería	3	0	0	0	3
Desajuste	0	2	1	1	4
Falla de alineamiento de bombas	6	3	2	4	15
fuga de aceite	0	2	2	1	5
Obstrucción de líneas de succión de agua	0	1	1	1	3
fuga de agua por empaques de tuberías	2	1	1	2	6
falla de acoplamiento	0	1	2	1	4
instalación de bomba	2	3	4	2	11
Falla de ajuste expansión	5	8	7	0	20
falla por rodamiento	3	1	0	1	5
Falla por Lubricación	1	1	1	1	4
falla línea de succión	2	1	7	9	19
verificación arranques de bombas y motor elec.	4	0	3	0	7
Falla de Válvulas	2	3	4	2	11
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>29</b>	<b>140</b>

Fuente: Propia.

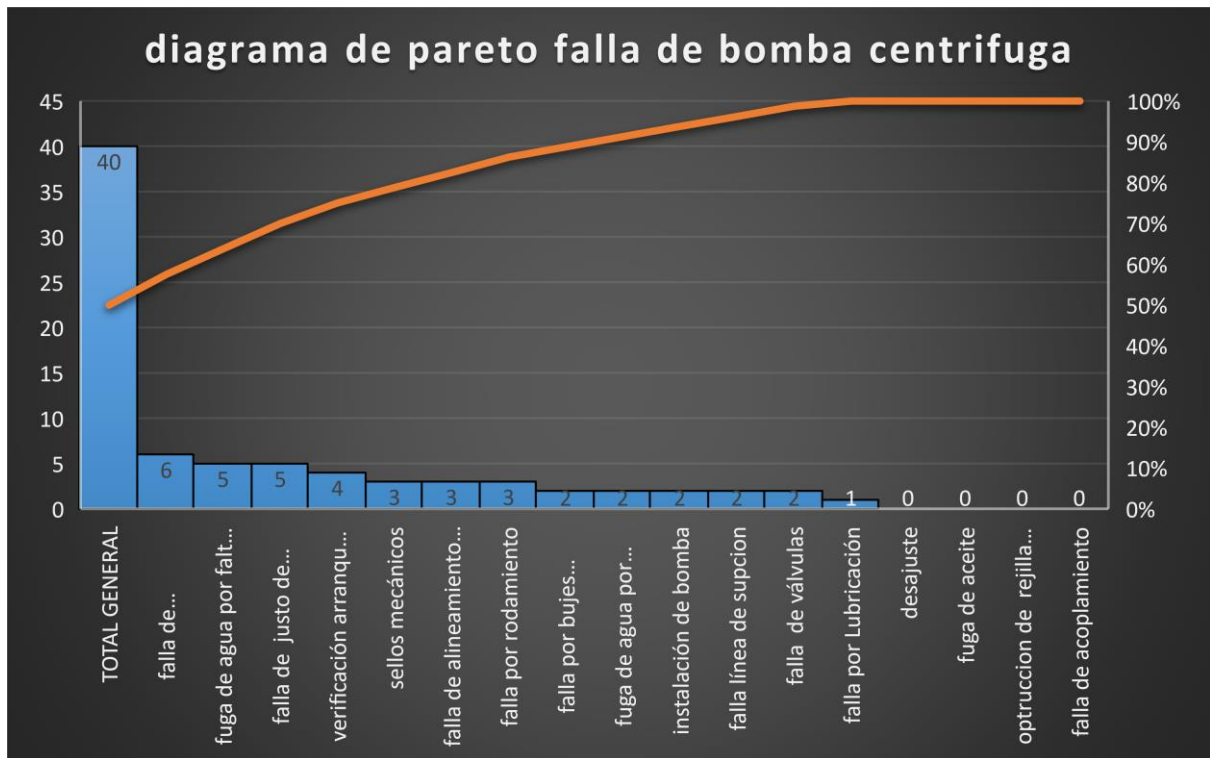


Ilustración 16. Diagrama de Pareto con las fallas significativas obtenidas. Fuente: Propia

#### 4.9.1 Interpretación de grafica de Pareto.

Obteniendo la gráfica del Diagrama de Pareto se observa el 100% general se derivan el porcentaje de cada fallo y se observa de mayor y menor falla las cuales se comportan durante los 3 meses de análisis teniendo como conclusión que se necesita necesariamente el mantenimiento preventivo dado a que son muchas fallas en tan poco tiempo y esto está conllevando a retrasos. recordando el objetivo que es aumentar la eficacia de las bombas centrífugas principalmente es tener la diferencia de las fallas de mayor tiempo a al de menor tiempo

#### 4.9.2 Obtención de información con el Diagrama de Ishikawa



Ilustración 17 Diagrama de Ishikawa Elaboración: propia

La metodología realizada se lleva el análisis de las fallas que más surge a lo largo de la bomba y darle un mantenimiento antes que esta comience a tener fallos y el proceso sea detenido por las principales causas en las bombas y tienden a fallar. (MEARDON, 2020) (Corporation, 2021).

#### 4.10 El análisis y mantenimiento de las bombas centrífugas

Se toma en base a lo obtenido con los datos y las indicaciones mejor adaptadas para que durante la temporada que las bombas estén trabajando de la mejor manera y si alguna tienda a tener un desperfecto poderse componer lo más rápido posible y que tenga mayor eficacia en el proceso. También dando las instrucciones al personal de cómo se debe de dar el mantenimiento y hacer el cambio de las refacciones que se le deben poner a la bomba un correcto funcionamiento en el evaporador (López, 2019).



Tabla 5. Modos de fallo de una Bomba centrífuga.

FALLAS	MODOS DE FALLO
POR DEFORMACION	flecha de la bomba desgastada
POR SEPARACION	impulsor agrietado
DESGASTE EN LA BOMBA	baleros desgastados y desgranados
	camisas y ejes rallados
	fuga de agua por superficie desgastadas
	por no revisar
POR DEZPLAZAMIENTO	por mal alineamiento
	mal alineamiento de flecha de la bomba y la del motor
	mal ajustamiento de cojinetes
	bomba mal desalineada
	desbalanceo de impulsor
	carcaza y eje con holgura
	sello mecánico muy apretado
	prensa estopa muy apretados
	acoplamiento en mal balance
	impulsor y anillos rozan
POR OBSTRUCCION	eje no apretado
	propulsor mal apretado
	ranuras de aceite tapados
	obstrucción en la succion
OTRAS FALLAS	rebabas en los fluidos
	cojinetes con residuos
	fallos de cojinetes
	falta de piezas
	falta de tornillos en la base

al poder tener las fallas que repercuten y las más comunes en el rodamiento de la bomba centrífuga durco se obtiene las causas que carga más al rodamiento de dicha bomba.

#### 4.11 Fallas por rodamiento.

En la tabla se describe y se muestran las fallas al estar la bomba centrífuga en operación se basa la tabla con las nomenclaturas diseñadas por Alberto Mora las cuales están descritas en su libro de mantenimiento por lo cual es muy importante para la Empresa IQCitrus para tener una estructuración más detallada de los modos de falla.



Tabla 6. Modos de falla de los rodamientos.

TIPOS DE LAS FALLAS	PARTE DE LA FALLA
POR DEFORMACION	separación de elemento
	torción en la flecha
POR CORRISION	corrosión
DESGASTE	Fricción
SEPARACION	ruptura de fleca
	mal alineamiento
	Agrietamientos
DESPLAZAMIENTO	desequilibrio
	jugo muy pulposo
	baja presión
	piezas mal apretadas
	Desequilibrio

#### 4.12 severidad

En este punto se implementa la severidad de los efectos sobre la bomba esta se aplica para los efectos que surgen y se toma la iniciativa de correlación directa entre el efecto y severidad.

Para tener el cálculo de la severidad se implementan dos partes las cuales son asignar los valores de probabilidad y la segunda es el criterio de análisis para llegar a una discusión de por que pasan los fallos.

Al desarrollar las tablas de severidad se desarrolla seis etapas:

- FALLOS OCULTOS
- IMPACTO FISICO
- MEDIO AMBIENTE
- IMPACTO CORPORATIVO
- COSTO EN EL MATENIMIENTO
- EFECTO EN EL CLIENTE

Tabla 7. Fallos ocultos

FO Fallos Ocultos	Calificación
No existen fallos ocultos que puedan generar fallas múltiples posteriores	0
Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generara fallas múltiples posteriores	2
Existe una baja posibilidad de que la falla si sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples en el sistema	4





Tabla 8. Impacto físico

<b>SF Seguridad Física</b>	<b>Calificación</b>
No afecta personas ni equipos	0
Afecta a una persona y puede generar incapacidad de tipo temporal	1
Afecta de dos a 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2
Afecta mas de 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente o la muerte a una o mas personas	4

Tabla 9. Medio Ambiente

<b>MA Medio Ambiente</b>	<b>Calificación</b>
No afecta el medio ambiente	0
Afecta el medio ambiente pero se puede controlar. No daña el ecosistema	1
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 6 meses con un valor inferior a 1.000.000 pesos	2
Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años con un valor inferior a 1.000.000 pesos	3
Afecta los recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en mas de 3 años o es irreversible. Su impacto social y ecológico es superior a 1.000.000 pesos	4

Tabla 10. Impacto corporativo

<b>IC Imagen Corporativa</b>	<b>Calificación</b>
No es relevante	0
Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1
Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 250.000 pesos	2
Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión entre 250.000 y 500.000 pesos	3
Afecta credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión mayor 500.000 pesos, Puede ser irreversible	4

Tabla 11. Costo en el Mantenimiento.

<b>OR Costos de Reparación</b>	<b>Calificación</b>
Entre 1 y 50.000 Pesos	0
Entre 50.000 y 250.000 Pesos	1
Entre 250.000 y 500.000 Pesos	2
Entre 500.000 y 1.000.000 Pesos	3
Mayor a 1.000.000	4

Tabla 12. Efecto en el cliente

<b>OC Efectos en clientes</b>	<b>Calificación</b>
Entre 1 y 50.000 Pesos	0
Entre 50.000 y 250.000 Pesos	1
Entre 250.000 y 500.000 Pesos	2
Entre 500.000 y 1.000.000 Pesos	3
Mayor a 1.000.000	4



Tabla 13. Calculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrífuga 1.

BOMBA 1 DESCRIPCIONES	puntaje de severidad						TOTAL
	F- O	S- F	M- A	I- C	O- R	O- C	
Fuga de líquido por falta de sello	1	0	0	0	1	1	3
falla por bujes amarrados	2	0	0	0	1	1	4
sellos mecánicos	3	0	0	0	1	2	6
juntas de expansión faltantes	1	0	0	0	1	1	3
inspección y ajustes	2	0	0	0	0	2	4
verificación de alineamiento de bombas	0	0	0	0	1	1	2
fuga de aceite	4	0	0	0	1	1	6
obstrucción de las rejillas de agua y aceite	2	0	0	0	1	0	3
fallas en los empaques	0	0	0	0	1	0	1
falla de acoplamiento	2	0	0	0	1	2	5
instalación de bomba	0	0	0	0	1	1	2
cambio justo de expansión	3	0	0	0	0	2	5
falla por rodamiento	4	0	0	0	0	1	5
lubricación	1	0	0	0	1	1	3
falla línea de succión	2	0	0	0	1	2	5
verificación arranques de bombas y motos elec.	4	0	0	0	1	0	5
recuperación de válvulas	3	0	0	0	1	1	5
tubería obstruida	0	0	0	0	0	1	1
impulsor dañado o obstruido	1	0	1	0	1	2	5
bomba trabajando en vacío	1	0	0	0	0	0	1
motor dañado o bloqueado	3	0	0	0	1	1	5
impulsor dañado	0	0	0	0	1	2	3
soltura de eje	4	0	0	0	1	2	7
flecha dañada o desgastada	2	0	0	0	0	1	3



Tabla 14. Cálculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrífuga 2.

BOMBA 2 DESCRIPCIONES	puntaje de severidad						TOTAL
	F- O	S- F	M- A	I- C	O- R	O- C	
Fuga de líquido por falta de sello	1	0	0	0	1	1	3
falla por bujes amarrados	2	0	0	0	0	2	4
sellos mecánicos	3	0	0	0	1	0	4
juntas de expansión faltantes	1	0	0	0	0	0	1
inspección y ajustes	2	0	0	0	0	0	2
verificación de alineamiento de bombas	0	0	0	0	1	2	3
fuga de aceite	4	0	0	0	0	0	4
obstrucción de las rejillas de agua y aceite	2	0	0	0	0	1	3
fallas en los empaques	0	0	0	0	1	2	3
falla de acoplamiento	2	0	0	0	0	0	2
instalación de bomba	0	0	0	0	0	1	1
cambio justo de expansión	3	0	0	0	1	0	4
falla por rodamiento	4	0	0	0	0	1	5
Lubricación	1	0	0	0	1	2	4
falla línea de succión	2	0	0	0	0	1	3
verificación arranques de bombas y motos elec.	4	0	0	0	0	0	4
recuperación de válvulas	3	0	0	0	1	2	6
tubería obstruida	0	0	0	0	1	0	1
impulsor dañado o obstruido	3	0	0	0	1	2	6
bomba trabajando en vacío	0	0	0	0	1	0	1
motor dañado o bloqueado	3	0	0	0	1	1	5
impulsor dañado	0	0	0	0	0	1	1
soltura de eje	2	0	0	0	1	0	3
flecha dañada o desgastada	2	0	0	0	1	1	4



Tabla 15. Cálculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrífuga 3.

BOMBA 3	puntaje de severidad						TOTAL
	F-O	S-F	M-A	I-C	O-R	O-C	
DESCRIPCIONES							
Fuga de líquido por falta de sello	1	0	0	0	1	2	4
falla por bujes amarrados	2	0	0	0	0	1	3
sellos mecánicos	3	0	0	0	0	1	4
juntas de expansión faltantes	1	0	0	0	1	1	3
inspección y ajustes	2	0	0	0	0	1	3
verificación de alineamiento de bombas	0	0	0	0	1	0	1
fuga de aceite	4	0	0	0	0	1	5
obstrucción de las rejillas de agua y aceite	2	0	0	0	1	2	5
fallas en los empaques	0	0	0	0	0	1	1
falla de acoplamiento	2	0	0	0	1	1	4
instalación de bomba	0	0	0	0	1	1	2
cambio justo de expansión	3	0	0	0	1	2	6
falla por rodamiento	4	0	0	0	1	1	6
Lubricación	1	0	0	0	0	2	3
falla línea de succión	2	0	0	0	0	0	2
verificación arranques de bombas y motos elec.	4	0	0	0	0	1	5
recuperación de válvulas	3	0	0	0	1	0	4
tubería obstruida	0	0	0	0	0	1	1
impulsor dañado o obstruido	1	0	0	0	1	2	4
bomba trabajando en vacío	3	0	0	0	1	1	5
motor dañado o bloqueado	0	0	0	0	0	0	0
impulsor dañado	4	0	0	0	1	1	6
soltura de eje	3	0	0	0	0	0	3
flecha dañada o desgastada	1	0	0	0	0	2	3



Tabla 16. Cálculo de severidad de cada una de las fallas de la bomba centrífuga 4.

BOMBA 4 DESCRIPCIONES	puntaje de severidad						TOTAL
	F- O	S- F	M- A	I- C	O- R	O- C	
Fuga de líquido por falta de sello	1	0	0	0	1	0	2
falla por bujes amarrados	2	0	0	0	0	0	2
sellos mecánicos	3	0	0	0	1	1	5
juntas de expansión faltantes	1	0	0	0	0	1	2
inspección y ajustes	2	0	0	0	1	1	4
verificación de alineamiento de bombas	0	0	0	0	1	2	3
fuga de aceite	4	0	0	0	1	1	6
obstrucción de las rejillas de agua y aceite	2	0	0	0	1	2	5
fallas en los empaques	0	0	0	0	0	1	1
falla de acoplamiento	2	0	0	0	0	2	4
instalación de bomba	0	0	0	0	0	0	0
cambio justo de expansión	3	0	0	0	1	1	5
falla por rodamiento	4	0	0	0	0	0	4
Lubricación	1	0	0	0	0	2	3
falla línea de succión	2	0	0	0	1	1	4
verificación arranques de bombas y motos elec.	4	0	0	0	0	2	6
recuperación de válvulas	3	0	0	0	1	0	4
tubería obstruida	0	0	0	0	1	1	2
impulsor dañado o obstruido	1	0	0	0	1	0	2
bomba trabajando en vacío	1	0	0	0	10	1	12
motor dañado o bloqueado	3	0	0	0	0	1	4
impulsor dañado	0	0	0	0	1	2	3
soltura de eje	4	0	0	0	1	1	6
flecha dañada o desgastada	2	0	0	0	0	0	2



#### 4.12 Evaluación de severidad mediante el RPN

El RPN se utiliza para poder identificar con claridad los riesgos y como nos conducen a la acción correctiva y para esto se utiliza la ecuación de RPN para la evaluación. Teniendo los cuales se toman lo obtenido en la tabla 14 donde se deriva el valor de posibilidad de que ocurran el fallo tendiendo estos resultados se busca el valor de posibilidad de la detección mediante criterios que se evalúan a continuación, lo cual se tiene el análisis de las fallas distintas.

Tabla 17. Posibilidad de ocurrencias.

Ocurrencia	Calificación
Frecuente - Una falla en un mes	4
Ocasional - Una falla en un año	3
Remota - Una falla en cinco años	2
Poco probable - Una falla en veinte años	1

Tabla 18. Probabilidad de detección.

Detección	Calificación
Nula - No se puede detectar una causa potencial / mecanismo y modo de fallo subsecuente	4
Baja - Baja probabilidad para detectar fallas potenciales / mecanismo y modo de fallo subsecuente	3
Media - Media probabilidad para detectar fallas potenciales / mecanismo y modo de fallo subsecuente	2
Seguro - Siempre se detectarían causas potenciales / mecanismo y modo de fallo subsecuente	1

Tendiendo la posibilidad de que ocurra la falla en los periodos establecidos y sus probabilidades de poder identificar en cada falla de la bomba centrífuga se calcula el valor del PRN



Tabla 19. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrífuga 1.

BOMBA 1 descripciondel modo de falla	alificacion de la severidad						total de severidad	FO	OR	OC	suma de severidad	O	D	VALOR DEL RPN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC								
fuga de agua por falta de sello	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	3	4.8
falla por bujes amarrados	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	4	4	4.4
limpieza de tubería de refrigeración de sellos mecánicos	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	3	4.8
alineamiento de tuberías en juntas de expansión	1	0	0	0	0	0	1	0.05	0	0	0.050	4	4	4.2
inspección y ajustes	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	3	3	4.35
verificación de alineamiento de bombas	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	0.05	0.350	4	3	4.4
fuga de aceite	4	0	0	0	0	1	5	0.2	0	0.05	0.250	4	2	3
limpieza de rejillas de líneas de supcion de agua	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	3	1	1.3
fuga de agua por empaques de tuberías	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0.1	0.100	4	3	3.4
falla de acoplamiento	2	0	0	0	1	0	3	0.1	0.3	0	0.400	4	3	4.6
instalación de bomba	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	0.05	0.350	3	2	3.05
cambio justo de expansión	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	3	4.8
falla por rodamiento	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	4	2	4.2
Lubricación	1	0	0	0	0	0	1	0.05	0	0	0.050	4	4	4.2
falla línea de supcion	2	0	0	0	0	2	4	0.1	0	0.1	0.200	4	4	4.8
verificación arranques de bombas y motor elec.	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	3	1	2.65
recuperación de válvulas	3	0	0	0	0	0	3	0.15	0	0	0.150	4	2	2.6
tubería obstruida	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	3	4	5.2
impulsor o carcasa de la bomba obstruida	1	0	0	0	0	1	2	0.05	0	0.05	0.100	3	4	4.3
la bomba esta trabajando en vacio	1	0	0	0	1	0	2	0.05	0.3	0	0.350	3	3	4.05
motor dañado o bloqueado	3	0	0	0	0	1	4	0.15	0	0.05	0.200	3	4	4.6
impulsor dañado	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	3	4	5.2
soltura de eje	4	0	0	0	0	2	6	0.2	0	0.1	0.300	3	3	3.9
eje torcido del motor	2	0	0	0	1	0	3	0.1	0.3	0	0.400	3	3	4.2



Tabla 20. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrífuga 2.

BOMBA 2 descripciondel modo de falla	alificacion de la severidad						total de severidad	FO	OR	OC	suma de severidad	O	D	VALOR DEL RPN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC								
fuga de agua por falta de sello	2	0	0	0	0	2	4	0.1	0	0.1	0.200	4	4	4.8
falla por bujes amarrados	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	3	4.8
limpieza de tubería de refrigeración de sellos mecánicos	1	0	0	0	0	0	1	0.05	0	0	0.050	4	4	4.2
alineamiento de tuberías en juntas de expansión	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	3	3	3.3
inspección y ajustes	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	4	3	4.6
verificación de alineamiento de bombas	4	0	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0.200	3	2	2.6
fuga de aceite	2	0	0	0	0	1	3	0.1	0	0.05	0.150	3	1	1.45
limpieza de rejillas de líneas de supcion de agua	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	4	3	4.6
fuga de agua por empaques de tuberías	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	4	3	3.4
falla de acoplamiento	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.05	0.050	3	2	2.15
instalación de bomba	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	3	4.8
cambio justo de expansión	4	0	0	0	0	1	5	0.2	0	0.05	0.250	4	2	3
falla por rodamiento	1	0	0	0	1	2	4	0.05	0.3	0.1	0.450	4	4	5.8
Lubricación	2	0	0	0	0	1	3	0.1	0	0.05	0.150	4	4	4.6
falla línea de supcion	4	0	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0.200	3	1	1.6
verificación arranques de bombas y motor elec.	3	0	0	0	1	2	6	0.15	0.3	0.1	0.550	4	2	4.2
recuperación de válvulas	0	0	0	0	1	0	1	0	0.3	0	0.300	3	4	4.9
tubería obstruida	1	0	0	0	1	1	3	0.05	0.3	0.05	0.400	3	4	5.2
impulsor o carcasa de la bomba obstruida	1	0	0	0	0	0	1	0.05	0	0	0.050	3	3	3.15
la bomba esta trabajando en vacio	3	0	0	0	0	2	5	0.15	0	0.1	0.250	3	4	4.75
motor dañado o bloqueado	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0.05	0.050	3	4	4.15
impulsor dañado	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	3	3	4.65
soltura de eje	2	0	0	0	1	0	3	0.1	0.3	0	0.400	3	3	4.2
eje torcido del motor	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	4	4	5.8





Tabla 21. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrífuga 3.

BOMBA 3 descripciondel modo de falla	alificacion de la severidad						total de severidad	FO	OR	OC	suma de severidad	O	D	VALOR DEL RPN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC								
fuga de agua por falta de sello	2	0	0	0	0	1	3	0.1	0	0.05	0.150	4	4	4.6
falla por bujes amarrados	3	0	0	0	0	1	4	0.15	0	0.05	0.200	4	3	3.8
limpieza de tubería de refrigeración de sellos mecánicos	1	0	0	0	1	1	3	0.05	0.3	0.05	0.400	4	4	5.6
alineamiento de tuberías en juntas de expansión	2	0	0	0	0	1	3	0.1	0	0.05	0.150	3	3	3.45
inspección y ajustes	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	0.05	0.350	4	3	4.4
verificación de alineamiento de bombas	4	0	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0.200	4	2	2.8
fuga de aceite	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	3	1	2.35
limpieza de rejillas de líneas de supcion de agua	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0.1	0.100	4	3	3.4
fuga de agua por empaques de tuberías	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	4	3	4.8
falla de acoplamiento	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	0.05	0.350	3	2	3.05
instalación de bomba	3	0	0	0	1	1	5	0.15	0.3	0.05	0.500	4	3	5
cambio justo de expansión	4	0	0	0	1	2	7	0.2	0.3	0.1	0.600	4	2	4.4
falla por rodamiento	1	0	0	0	0	1	2	0.05	0	0.05	0.100	4	4	4.4
Lubricación	2	0	0	0	0	2	4	0.1	0	0.1	0.200	4	4	4.8
falla línea de supcion	4	0	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0.200	3	1	1.6
verificación arranques de bombas y motor elec.	3	0	0	0	1	1	5	0.15	0.3	0.05	0.500	4	2	4
recuperación de válvulas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	3	4	4
tuberia obstruida	1	0	0	0	1	1	3	0.05	0.3	0.05	0.400	3	4	5.2
impulsor o carcasa de la bomba obstruida	1	0	0	0	0	2	3	0.05	0	0.1	0.150	3	3	3.45
la bomba esta trabajando en vacio	3	0	0	0	1	1	5	0.15	0.3	0.05	0.500	3	4	5.5
motor dañado o bloqueado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	3	4	4
impulsor dañado	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	3	3	4.65
soltura de eje	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	3	3	3.3
eje torcido del motor	1	0	0	0	0	2	3	0.05	0	0.1	0.150	4	3	3.6



Tabla 22. Severidad y su cálculo de falla a bomba centrífuga 4.

BOMBA 4 descripciondel modo de falla	alificacion de la severida						total de severidad	FO	OR	OC	suma de severidad	O	D	VALOR DEL RPN
	FO	SF	MA	IC	OR	OC								
fuga de agua por falta de sello	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	4	4	4.4
falla por bujes amarrados	3	0	0	0	1	1	5	0.15	0.3	0.05	0.500	4	3	5
limpieza de tubería de refrigeración de sellos mecánicos	1	0	0	0	0	1	2	0.05	0	0.05	0.100	4	4	4.4
alineamiento de tuberías en juntas de expansión	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	3	3	4.35
inspección y ajustes	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	4	3	4.6
verificación de alineamiento de bombas	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	4	2	4.2
fuga de aceite	2	0	0	0	1	2	5	0.1	0.3	0.1	0.500	3	1	2.5
limpieza de rejillas de líneas de supcion de agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	4	3	3
fuga de agua por empaques de tuberías	2	0	0	0	0	2	4	0.1	0	0.1	0.200	4	3	3.8
falla de acoplamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	3	2	2
instalación de bomba	3	0	0	0	1	1	5	0.15	0.3	0.05	0.500	4	3	5
cambio justo de expansión	4	0	0	0	0	0	4	0.2	0	0	0.200	4	2	2.8
falla por rodamiento	1	0	0	0	0	2	3	0.05	0	0.1	0.150	4	4	4.6
Lubricación	2	0	0	0	1	1	4	0.1	0.3	0.05	0.450	4	4	5.8
falla línea de supcion	4	0	0	0	0	2	6	0.2	0	0.1	0.300	3	1	1.9
verificación arranques de bombas y motor elec.	3	0	0	0	1	0	4	0.15	0.3	0	0.450	4	2	3.8
recuperación de válvulas	0	0	0	0	1	1	2	0	0.3	0.05	0.350	3	4	5.05
tuberia obstruida	1	0	0	0	1	0	2	0.05	0.3	0	0.350	3	4	5.05
impulsor o carcasa de la bomba obstruida	1	0	0	0	10	1	12	0.05	3	0.05	3.100	3	3	12.3
la bomba esta trabajando en vacio	3	0	0	0	0	0	3	0.15	0	0	0.150	3	4	4.45
motor dañado o bloqueado	0	0	0	0	1	2	3	0	0.3	0.1	0.400	3	4	5.2
impulsor dañado	4	0	0	0	1	1	6	0.2	0.3	0.05	0.550	3	3	4.65
soltura de eje	2	0	0	0	0	0	2	0.1	0	0	0.100	3	3	3.3
eje torcido del motor	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0.1	0.100	4	4	4.4



### **4.13 trabajo para eliminar los fallos**

Al obtener las tablas de los fallos calculado la severidad de cada una de las bombas se utilizan las tareas tanto correctivas y las actividades planeadas.

#### **4.13.1 trabajo correctivo.**

El trabajo para el mantenimiento correctivo que se realiza es suma mente principal cuya intención es tener la recuperación de la bomba centrífuga y su vida útil al tener una pérdida de capacidad al estar elaborando el centrifugado.

#### **4.13.2 Trabajo preventivo**

El trabajo de prevención que se implementa permite que haya disminución en los fallos de la bomba centrífuga teniendo como base primordial sustituir los componentes o ajustar las piezas antes que tienda a tener fallos con esto se pretende tener mejor vida útil de la bomba centrífuga mejorando los tiempos y paldas por fallos. Es muy importante saber que esta acción establece su condición, lo cual nos ayuda a tener prevención en la falla.

#### **4.14 fallas eliminadas atreves de mantenimiento preventivo.**

El mantenimiento preventivo se utiliza para las bombas centrifugas al tener las fallas y teniendo como base la durabilidad e los elementos entonces pasa a ser predecible llevando el control de cuando le toca revisión y mantenimiento a los componentes que lleva dicha bomba y asi la falla se previene y no ocurren daños futuros.



Tabla 23. Tipos de tarea realizadas a las bombas.

MANTENIMIENTO APLICADO A LAS 4 BOMBAS	MANTENIMIENTO APLICADO		
	CORRECTIVAS	PREVENTIVAS	PREDICTIVAS
Fuga de líquido por falta de sello			
falla por bujes amarrados			
sellos mecánicos			
juntas de expansión faltantes			
inspección y ajustes			
verificación de alineamiento de bombas			
fuga de aceite			
obstrucción de las rejillas de agua y aceite			
fallas en los empaques			
falla de acoplamiento			
instalación de bomba			
cambio justo de expansión			
falla por rodamiento			
Lubricación			
falla línea de succión			
verificar el arranque			
recuperación de válvulas			
tubería obstruida			
impulsor dañado o obstruido			
bomba trabajando en vacío			
motor dañado o bloqueado			
impulsor dañado			
soltura de eje			
flecha dañada o desgastada			

**4.15 Desarrollamiento del plan preventivo**

El desarrollo del mantenimiento preventivo se maneja con los puntos:

- Tener definida la bomba a dar mantenimiento y las partes que se van a cambiar
- Acciones que se toman para no tener accidentes
- Acciones preventivas con frecuencia
- Tiempo en establecer y dar el mantenimiento en cada acción.

**4.16 Definición de bombas centrífuga durco, mecanismo con sus partes.**

La centrifugas durco con el mantenimiento preventivo correspondiente a las bombas y su sistema de bombeo y trabajo será de 24 horas, de lunes a sábado y 36 semanas al año (no se tiene en cuenta el tiempo cuando la planta cierra por temporada baja),



Ilustración 18. Maquina (su sistema de bombeo)

Mecanismos de sistema bomba centrifuga.

Tabla 24. Mecanismo

maquina	Mecanismo	Partes	componentes
Bomba centrifuga durco	Bomba	Flecha	
		Plato	
		sello	
		Impulsor	
		Oring	
	Motor	Balero	
		Flecha	
		Rodamiento interior	
		Rodamiento	
		Eje vertical	
		Embobinado	
		Cableado	
		Carcasa	
	Eje rotatorio		
	Descarga	complementos	
			Manguera
			Abrazaderas



### 4.16.1 instrucciones para acciones del mantenimiento planteado.

Las instrucciones recomendadas para la realización del mantenimiento consisten en tener en cuenta la hora de realización del trabajo y que bomba se le realizara el trabajo.

Tener las herramientas al alcance y las necesarias para realizar el trabajo que se le dar al equipo la cuales son las bombas centrifuga durco.

Realizar las actividades de manera controlada y saber qué hace con cada tipo de falla que se menciona a lo largo de proyecto y saber si se cambia a la bomba por otra de repuesto o se tiene que dar un mantenimiento preventivo optimizando la vida útil de la misma.

### 4.16.2 Seguridad personal

El implementó a la seguridad es fundamental para el personal que se encarga de darle la reparación a la bomba centrifuga. Esto se realiza para que le personal cumpla con las especificaciones sobre su equipo de protección personal.

#### 4.16.2.1 Observaciones para desmontaje del sistema

- Cuando se ejecuta el trabajo en el motor se asegura que este aplicado en candaeo.
- Verificar el estado de la válvula principal debe estar cerrada
- Tener las herramientas que se utiliza para el desmontaje adecuado
- Poner los señalamientos y acordonar la zona donde se encuentra el mantenimiento

### 4.17 Planes de acción para cada componente de la bomba centrifuga durco

#### Plan de acción para el chasis.

- Se debe realizar la limpieza del chasis con liga para quitar el óxido y verificar alguna obstrucción teniendo esta actividad resuelta recomienda pintar con pintura anticorrosión y asi tener una presentación y disminuir el óxido en el interior.
- Revisar si el chasis presenta agrietamientos o descastes si es asi cambiarlo.

#### Plan de acción plato del sello.

- Se debe realizar la revisión para que no tenga partículas debido al rodamiento respectivamente con el impulsor



- Revisar que los elementos que sujetan el plato estén perfectamente apretados y así detectar antes posibles rupturas o agrietamientos

### **Plan de acción del impulsor.**

- Revisar posible oxidación en las partes donde hay posible agrietamiento donde hay más constante fuerza, revisar la carcasa
- Realizar limpieza en la carcasa por partículas dentro del sistema.
- Si se encuentra dañado cambiarlo.

### **Acción de mantenimiento a los sellos mecánicos**

- Revisar el estado del sello en el tiempo periódico establecido debido a altas vibraciones que la bomba ejercer la estar trabajando provocando un desalineación y desgaste en la flecha del motor
- Tener suma importancia en los elementos de la cara rotatoria y estacionaria para que los elastómeros y el resorte que compone el sello mecánico en la parte rotatoria no afecten a la flecha dado a que es muy delicada y cualquier rayadura o desgaste provoque paro inmediato por fuga de agua.

### **Cambio de baleros.**

- Revisar el tiempo periódico de los baleros y cambiarlos de todas maneras antes de que tienda a desgranarse o amarrarse en el proceso ocasionado parada o en el extremo de los casos perdida en la bomba las cuales son flecha, sellos mecánicos e impulsores.

### **Plan de acción para el Oring.**

- Este elemento se deteriora con facilidad es un material de mucha fragilidad por la composición de fabricación si este tiende a tener posible oxidación si no se cumple con los requerimientos de sellado correcto por ello al desarmar la carcasa se debe asegurar el desgaste que tiene el Oring.
- Esto se debe realizar cada vez que inspeccionen la bomba y es recomendable un cambio periódico debido a los elastómeros.

### **Realización de recomendaciones al poner en marcha la bomba**

Al poner en marcha después de realizar el mantenimiento se revisa que los mecanismos de la bomba han sido ensamblados correctamente.



- Verificar que la instalación de la tubería este correctamente ensamblado para que al momento de la operación no tenga vacío.
- Verificar que la rotación se ala correcta y se ad e la misma manera que el motor eléctrico.
- Revisar nivelación de la bomba y que se clara correctamente en este caso sujeta a la base y atornillada
- Una vez que se haya realizado estás operaciones se procede a poner en marcha se debe revisar si el cebado quedó bien realizado

Tabla 25. Instructivo de mantenimiento preventivo.

Maquina	Mecanismo	Partes	Componentes	Instructivo y actividades a realizar			
Bomba centrifuga durco	Bomba	Flecha		limpiar	lijado	Torno	
		Plato		Analizar y revisar	lijado		
		Sello		analizar y revisar	Cambiar		
		Impulsor		analizar y revisar	Cepillado		
		Oring		analizar y revisar	limpiar	cambiar por otro	
	Motor	Balero		analizar y revisar	Cambiar		
		Flecha		analizar y revisar	lijado	Torno	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	Lubricación	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	Lubricación	
		Eje vertical		analizar y revisar	lijado	Torno o cambiar	
		Embobinado		analizar y revisar	Aspiramiento	Embobinar	
		Cableado		analizar y revisar	Revisar si no está quemado	Cambiar por otro	
		Carcasa		analizar y revisar	lijar y pintar		
		Eje rotatorio		analizar y revisar	limpiar	Cambiar por otro	
	Descarga	Complementos	Tubería		analizar y revisar	limpiar	
			Manguera		analizar y revisar	limpiar	
Abrazaderas				analizar y revisar	limpiar		





**4.18 Acciones preventivas y la frecuencia.**

La periodicidad de las acciones que cada modo de falla se lleva mediante tabla a continuación la cual se sabe cómo se dará el mantenimiento y el tipo de acción que se tomará.

Tabla 26. Acciones a tomar y tiempo a realizar el mantenimiento

E = Eléctrico	1/7 = Diario.
M = Mecánico.	1 = Semanal.
I = Instrumentación.	2 = Quincenal.
R = Redes.	4 = Mensual.
P = Pintura.	12 = Trimestral.
S = Software y Hardware.	24 = Semestral.
O = Limpieza.	50 = Anual.

Tabla 27. Frecuencia de las acciones preventivas

Maquina	Mecanismo	Partes	Componentes	Instructivo y actividades a realizar			frecuencia			
Bomba centrifuga durco	Bomba	Flecha		limpiar	lijado	Torno	P12	O12	M12	
		plato		Analizar y revisar	lijado		M24	O24	M24	
		sello		analizar y revisar	Cambiar		M12	O12	M12	
		Impulsor		analizar y revisar	Seillado		M4	O4	M4	
		Oring		analizar y revisar	limpiar	cambiar por otro	M4	M4	M4	
	Motor	Balero		analizar y revisar	Cambiar		M12	M12	M12	
		Flecha		analizar y revisar	lijado	Torno	P12	O12	M12	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	lubricacion	M4	O4	M1	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	lubricacion	M4	O4	M1	
		Eje vertical		analizar y revisar	lijado	Torno o cambiar	M4	O4	M4	
		Enbobinado		analizar y revisar	Aspiramiento	Embobinar	M4	O4	M4	
		Cablado		analizar y revisar	Revisar si no esta quemado	Cambiar por otro	E4	O4	E4	
		Carcasa		analizar y revisar	lijar y pintar		E50	O50	E50	
		Eje rotatorio		analizar y revisar	limpiar	Cambiar por otro	E50	O50	E50	
	Descarga	Complementos	Tuberia		analizar y revisar	limpiar		M24	O24	M24
			Manguera		analizar y revisar	limpiar		M24	O24	M24
			Abrazaderas		analizar y revisar	limpiar		M12	O12	M12



**4.18.1 mantenimiento preventivo y su tiempo de ejecución.**

En la tabla se define lo que se realiza a las bombas, componentes las frecuencias y el tiempo que se tardara en realizar un perfecto mantenimiento

Cabe resaltar que no se incorpora el tiempo que se demora en desacoplar el equipo y se toma solo el tiempo aproximado.

Tabla 28. Frecuencia y acciones preventivas tipo de frecuencia y tiempo de realización

Maquina	Mecanismo	Partes	Componenetes	Instructivo y actividades a realizar			frecuencia			tiempo estimado en minutos de las actividades			
Bomba centrífuga durco	Bomba	Flecha		limpiar	lijado	Torno	P12	O12	M12	5	15	24 hrs	
		plato		Analizar y revisar	lijado		M24	O24	M24	5	15		
		sello		analizar y revisar	Cambiar		M12	O12	M12	5	15		
		Impulsor		analizar y revisar	Seillado		M4	O4	M4	5	20		
		Oring		analizar y revisar	limpiar	cambiar por otro		M4	M4	M4	5	20	15
	Motor	Balero		analizar y revisar	Cambiar		M12	M12	M12	5	20		
		Flecha		analizar y revisar	lijado	Torno	P12	O12	M12	10	15	24hrs	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	lubricacion	M4	O4	M1	10	15	15	
		Rodamiento		analizar y revisar	lijado	lubircacion	M4	O4	M1	10	15	15	
		Eje vertical		analizar y revisar	lijado	Torno o cambiar	M4	O4	M4	10	15	24hrs o 15 min	
		Enbobinado		analizar y revisar	Aspiramiento	Embobinar	M4	O4	M4	10	15	24hrs	
		Cablado		analizar y revisar	Revisar si no esta quemado	Cambiar por otro	E4	O4	E4	10	15	15	
		Carcasa		analizar y revisar	lijar y pintar		E50	O50	E50	10	15		
		Eje rotatorio		analizar y revisar	limpiar	Cambiar por otro	E50	O50	E50	10	15		
	Descarga	Complementos	Tubería		analizar y revisar	limpiar		M24	O24	M24	5	15	
			Manguera		analizar y revisar	limpiar		M24	O24	M24	5	15	
Abrazaderas				analizar y revisar	limpiar		M12	O12	M12	5	15		

**4.18.2 hoja de control de calidad del trabajo de mantenimiento a las bombas centrifugas.**

Se presenta un ejemplo de la hoja para rellenar del trabajo que se le realiza a la bomba centrífuga durco, llevar el control del mantenimiento de las bombas es algo fundamental para tener información del estado con el que quedan las reparaciones de las bombas después de realizarle las actividades.

Los criterios con los que cuenta el formato son:

- Identificación de la bomba
- Fecha y hora de la realización den trabajo
- Código de la realización del mantenimiento



- Numeración de la orden de trabajo
- Tipo de acción que se realizara a la bomba centrifuga
- Explicación de las acciones por las cuales se le va a realizar tal mantenimiento
- Tiempo en que se tardó realizando el mantenimiento
- Nombre de la persona que se encarga de mantenimiento preventivo

CONTROL DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO											
Sistema de bombeo N°											
Fecha generación	Código equipo	Orden de trabajo	Acción de mantenimiento				Descripción de la acción	Tiempo			Responsable
			Modificativo	Correctivo	Preventivo	Predictivo		DD	HH	MM	

Ilustración 19. Ejemplo de formato para acciones mantenimiento preventivo

## 5. Análisis, discusión de resultados

### 5.1 Explicación de resultados del antes y después de aplicación del método FMECA.

Se detalla las fallas que más ocurrieron en los 3 meses con sus respectivas descripciones se resalta que solo se tomaron datos de 4 bombas se identifica que al no tener el mantenimiento preventivo y fallas más recurrentes en el área de evaporadores las cuales son las bombas y esto ocasionan paradas más continuas y una pérdida de tiempo en el producto.

Tabla 29. Fallas recurrentes de las bombas centrífugas durco la comparación y de los resultados tomados antes del proyecto

DURACION DE PARADAS	Fallas de bomba en 3 meses				
DESCRIPCION DE LA FALLA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4	TOTAL GENERAL
fuga de agua por falta de sello	5	3	2	1	11
falla por bujes amarrados	2	2	1	1	6
sellos mecánicos	3	0	1	2	6
falla de alineamiento de tuberías en juntas de expansión	3	0	0	0	3
desajuste	0	2	1	1	4
falla de desalineamiento de bombas	6	3	2	4	15
fuga de aceite	0	2	2	1	5
opstruccion de rejillas de líneas de supcion de agua	0	1	1	1	3
fuga de agua por empaques de tuberías	2	1	1	2	6
falla de acoplamiento	0	1	2	1	4
instalación de bomba	2	3	4	2	11
falla de justo de expansión	5	8	7	0	20
falla por rodamiento	3	1	0	1	5
falla por Lubricación	1	1	1	1	4
falla línea de supcion	2	1	7	9	19
verificación arranques de bombas y motor elec.	4	0	3	0	7
falla de válvulas	2	3	4	2	11
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>29</b>	<b>140</b>

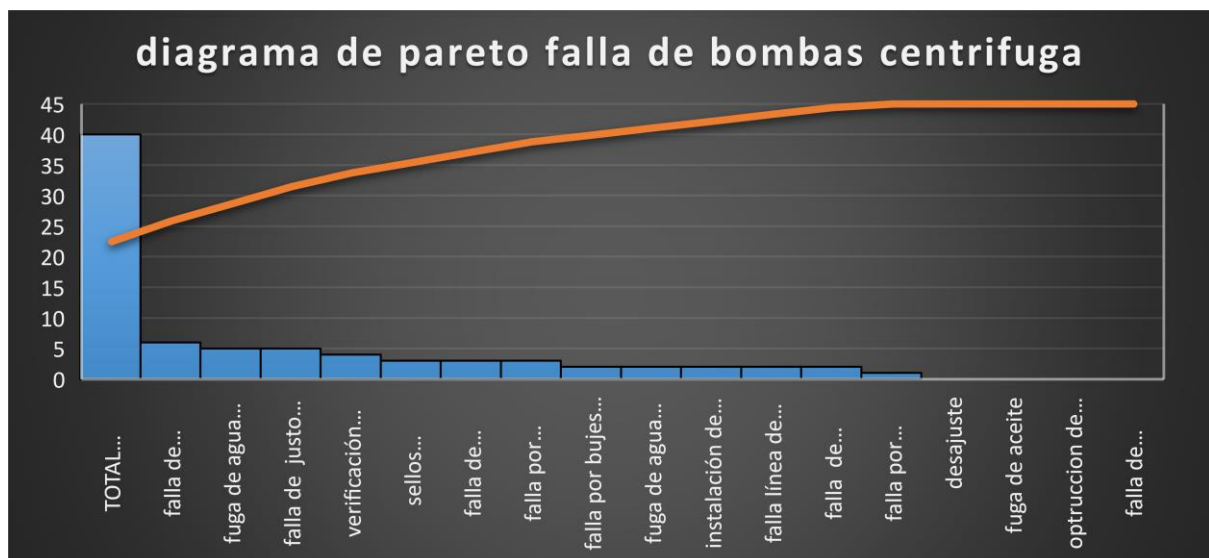


Ilustración 20. diagrama de Pareto de fallas y su evaluación

Muestra el diagrama de parero el cual se desglosa las fallas de las bombas y podemos observar que es una gráfica donde se tiene el total de fallas y se desglosa a través de las fallas más recurrentes a las que menos fallan o ocurren.

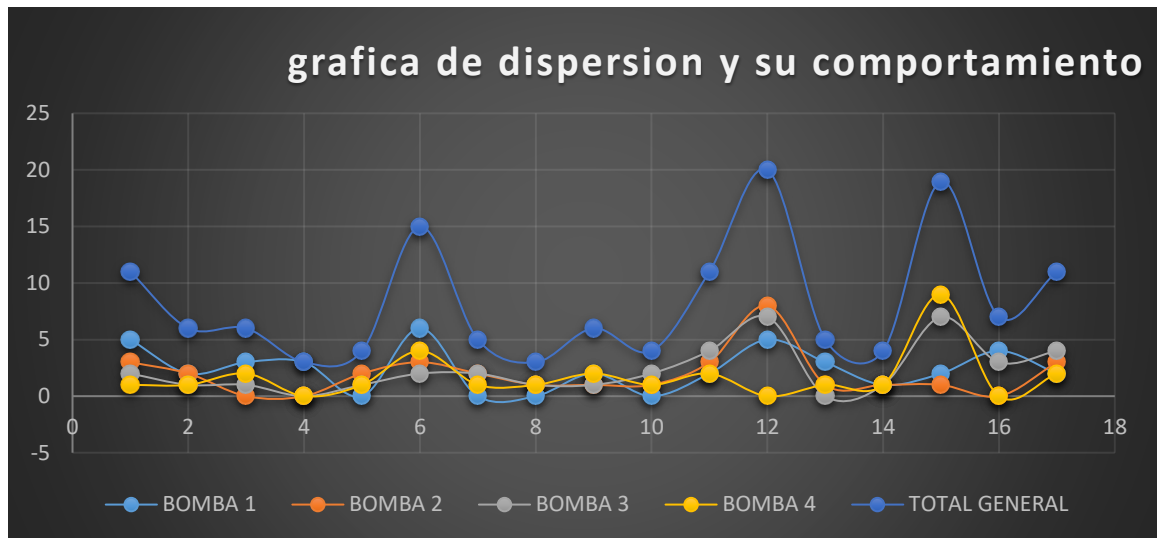


Ilustración 21. gráfica dispersión y su comportamiento

En la Grafica se observa la dispersión que se obtiene a través del diagrama de Pareto se obtuvo para poder identificar el comportamiento de las fallas se identifican las 4 graficas de las bombas y sobre todo esto sobre sale una gráfica de dispersión la cual es el total de las fallas la cual si se aplicaba el método FMECA la cual se rechazaría en este momento.



**5.2 Implementación del método de las bombas centrífugas y su mejoramiento con el método FMECA**

Desarrollo del mantenimiento preventivo el cual se observó su función dándonos eficacia y podemos decir que las fallas en el evaporado de 40000 libras disminuyeron satisfactoriamente dando como resultado que el proyecto de mantenimiento preventivo si es eficaz al implementarlo en las bombas centrífugas durco.

Tabla 30. Fallas recurrentes de las bombas centrífugas durco ya implementado el método FEMCA.

DURACION DE PARADAS	Fallas de bomba en 3 meses				
DESCRIPCION DE LA FALLA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4	TOTAL GENERAL
fuga de agua por falta de sello	1	1	1	0	3
falla por bujes amarrados	0	1	0	0	1
sellos mecánicos	1	1	1	2	5
falla de alineamiento de tuberías en juntas de expansión	1	0	0	1	2
desajuste	3	2	1	1	7
falla de desalineamiento de bombas	0	0	0	0	0
fuga de aceite	0	2	2	1	5
opstrucción de rejillas de líneas de supcion de agua	0	0	0	1	1
fuga de agua por empaques de tuberías	1	0	0	1	2
falla de acoplamiento	0	0	1	1	2
instalación de bomba	0	1	1	0	2
falla de justo de expansión	0	2	1	1	4
falla por rodamiento	3	1	0	1	5
falla por Lubricación	1	1	1	1	4
falla línea de supcion	2	0	1	1	4
verificación arranques de bombas y motor elec.	2	0	3	0	5
falla de válvulas	0	1	0	0	1
<b>TOTAL GENERAL</b>	15	13	13	12	53

Se identifican las fallas que ya mejoradas y se observan la disminución aplicando el mantenimiento preventivo donde se resalta que con este método se obtiene un 38% de efectividad al realizar en mantenimiento antes mencionado y con esto se cumple la eficacia del objetivo general.

numero	porcentaje	total
140	38%	53

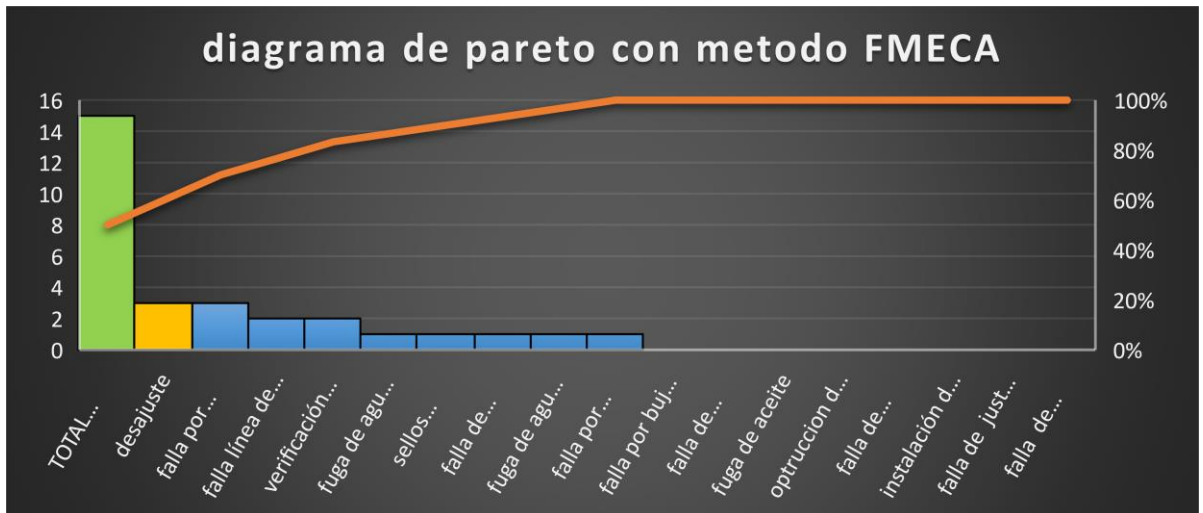


Ilustración 22. Diagrama de Pareto implementado con el método FMECA

Al realizar el diagrama de Pareto por segunda ocasión, pero con método FMECA aplicando se identifica y se observa que la gráfica disminuyó drásticamente teniendo como identificación los porcentajes y el total de fallas teniendo como disminución un 38 % esto solo fue a través de 3 meses.

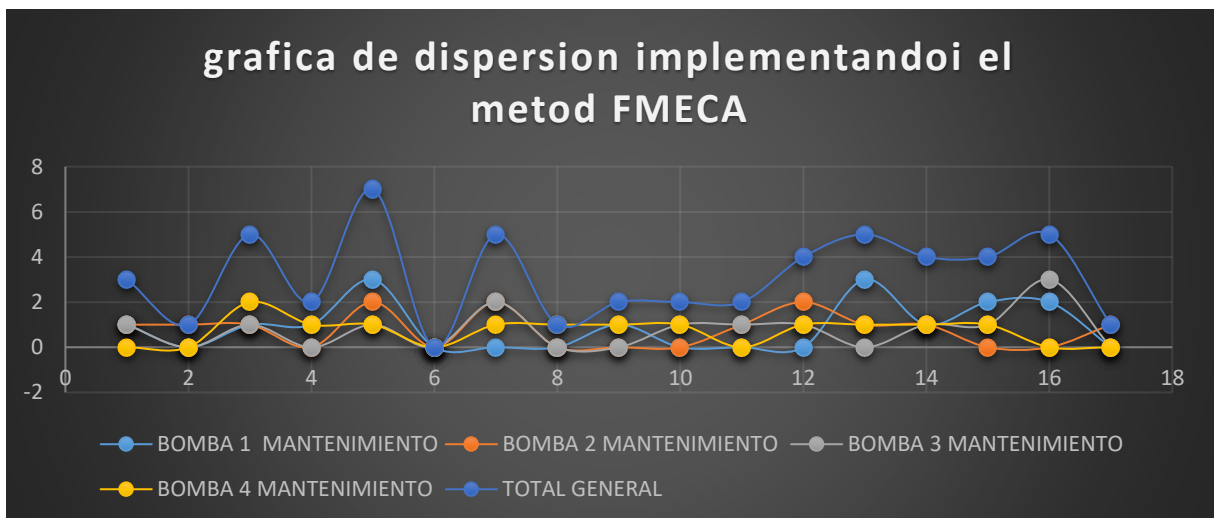


Ilustración 23. Gráfica de dispersión y su comportamiento.

Obtención de resultados del proyecto en esta parte se ve enfocado el método FMECA el cual se ha desarrollado para tener una eficiencia en el evaporador de esta manera no ocurran fallas y así maximizar la eficacia de las bombas.

**5.3 Comparación del antes y después de implementar el método FMECA**

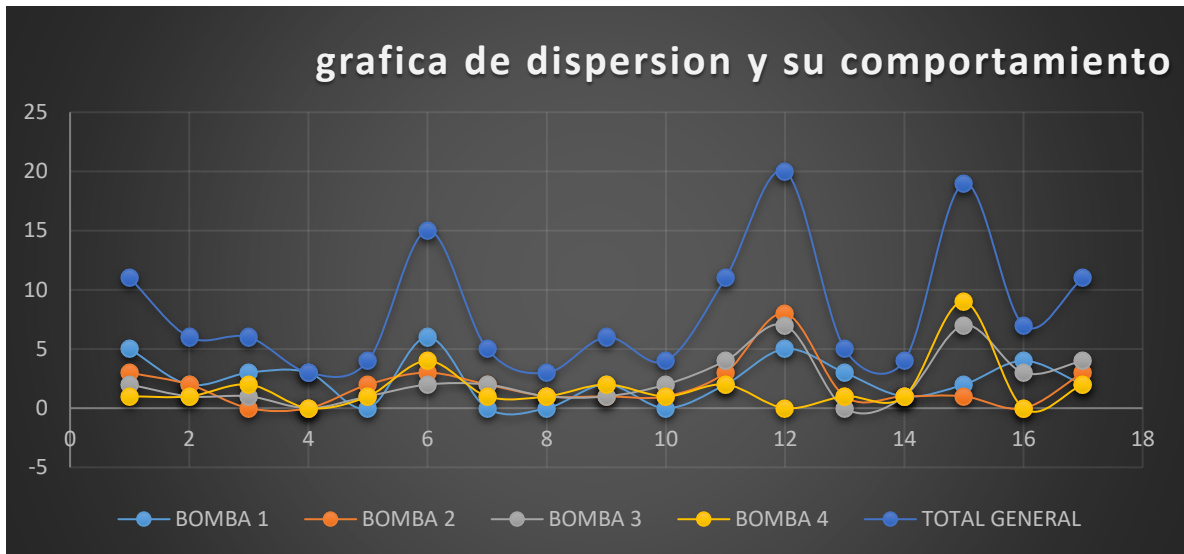


Ilustración 24. Graficas dispersión antes de la implementación del método FMECA.

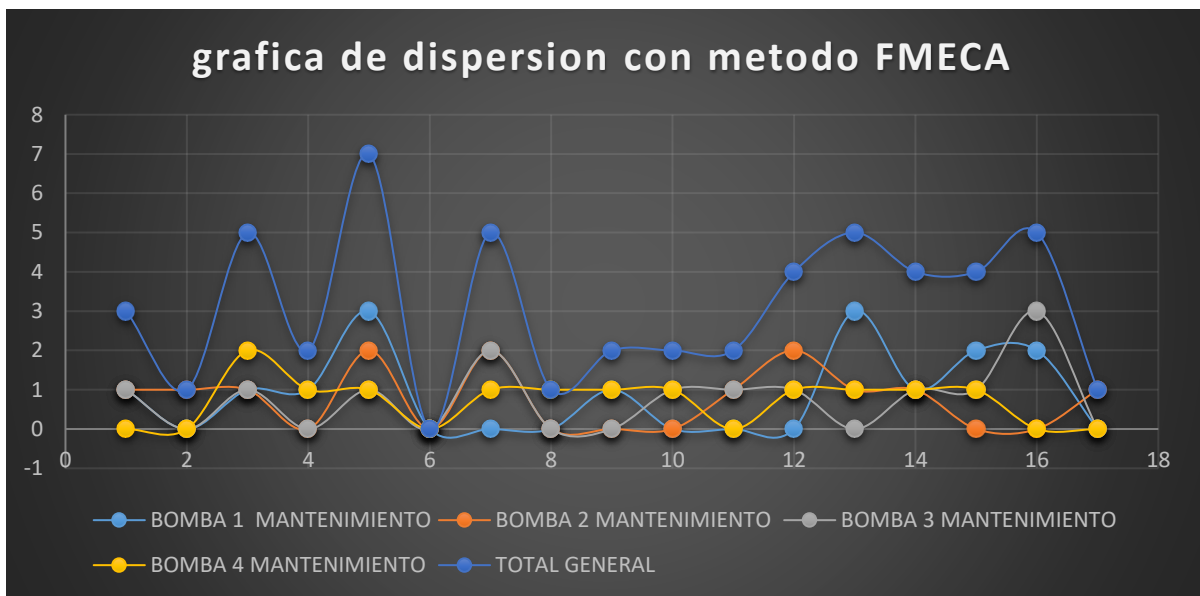


Ilustración 25. Gráfica de dispersión con la implementación del método FMECA





## 6. Conclusiones

Por medio del análisis FMECA muestra que los; modos de falla más críticos son aquellos que requieren acciones modificativas debido a que tienen defectos de diseño o montaje del sistema, Estos modos de falla se centran en los elementos relacionados con el acople que existe entre el motor y la bomba.

El FMECA permitió determinar el riesgo mediante el cálculo del RPN asociado a los modos de falla presentados en los equipos, máquinas y procesos industriales: además permite realizar una jerarquización para alinear las fallas en términos de su importancia y para identificar y realizar acciones correctivas, preventivas, modificativas y preventivas con el fin de proponer tareas y acciones de mantenimiento que permitan aumentar la confiabilidad en el sistema de bombeo.

En el sistema de bombeo, la aplicación del FMECA permite jerarquizar y atacar las fallas más críticas eliminando y disminuyendo las más ocurrentes mediante la ejecución de tareas modificadas que permiten un mejor cumplimiento de las funciones del equipo objeto de estudio.

El cálculo del RPN muestra que los modos de falla con mayor criticidad son: disparo de sobrecarga de motor defectuoso, impulsor o carcasa obstruida, y válvula de aforo dañada, Todos estos modos de falla. pueden ser controlados mediante acciones preventiva. El propósito del mantenimiento preventivo desarrollado para el sistema de bombeo es evitar que las fallas y sus consecuencias aumenten debido a una mala planeación de mantenimiento. Para hacer esto se proponen inspecciones y mantenimientos planeados cuyo fin de que las 4 bombas centrifugas durco puedan operar de manera normal, sin interrupciones, el mayor tiempo posible. Un adecuado mantenimiento preventivo de los sistemas, de bombeo evitará también que los costos del proyecto se eleven.

Aprendí conocimientos como poder identificar los posibles fallas y causas raíz de los problemas, el poder tener comunicación con el personal. Al realizar este proyecto, adquirí mucha capacidad para resolver problemas que se presentaron en el área de mantenimiento, aprendí a ser responsable y poder realizar actividades importantes para evitar cuellos de botella o paros inesperados y así poder desarrollarme profesionalmente enfocándome en mi trabajo y pasmando lo que aprendí a lo largo de mi carrera universitaria.



## Referencias Bibliográficas

ACOSTA, H. (2016). Diagnóstico y evaluación de la gestión de mantenimiento. *Revista Ingeniería Mecánica*, pag.31-37.

Álvarez, E. F. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean*.

AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla. (2016). *Lean Solutions logo*, 20-29.

Arias, E. R. (2020). Diagrama de Pareto. *Economipedia.com*, 20-25.

*Blog Seguas*. (12 de marzo de 2018). Obtenido de Blog Seguas: <https://www.seguas.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-instalaciones-industriales/>

*Bombas Centrífugas.net*. (19 de febrero de 2019). Obtenido de Bombas Centrífugas.net: <https://www.bombascentrifugas.net/category/aplicaciones/page/2/>

Connor, N. (27 de septiembre de 2019). *thermal-engineering*. Obtenido de thermal-engineering.: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-modo-de-falla-mayor-de-las-bombas-centrifugas-definicion/>

Corporation, e. b. (15 de Marzo de 2021). *eMaint CMMS*. Obtenido de eMaint CMMS : <https://www.emaint.com/es/what-is-preventive-maintenance>.

Echeverría, J. A. (2010). Estudios y propuestas de solución para fallos recurrentes en las bombas centrífugas. *revista de ingeniería mecánica*, pag 32-38.

Energía, C. N. (2016). *Partes de una bomba -Sistemas de bombeo*. Mexico: Roca Editorial.

Girdhar, P. M. (15 de Noviembre de 2015). *Practical Centrifugal Pumps*. Elsevier. España: Elsevier. Obtenido de Practical Centrifugal Pumps. Elsevier.

hurrieta, A. (16 de mayo de 2016). *SlideShare una empresa de Scribd*. Obtenido de SlideShare una empresa de Scribd: <https://es.slideshare.net/angelui/bombas-centrifugas-analisis-y-resolucion-de-problemas>

López, B. S. (28 de Octubre de 2019). *Ingeniería Industrial Online*. Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-calidad/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>

MEARDON, E. (14 de junio de 2020). *atlassian*. Obtenido de atlassian: <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>

Piatti, L. F. (02 de Marzo de 2021). *linkedin*. Obtenido de linkedin: <https://es.linkedin.com/pulse/problemas-de-operacion>

Pozo, E. E. (2012). *ESTUDIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA CON LA FINALIDAD DE OBTENER PARÁMETROS TÉCNICOS CON VARIACIÓN DE CAUDAL*. Ecuador: Ocronos.



SYDLE. (15 de Diciembre de 2021). *Gestión por procesos*. Obtenido de Gestión por procesos: <https://www.sydle.com/es/blog/ciclo-pdca-61ba2a15876cf6271d556be9/>

Taylor, c. e. (2014). DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y OBTENCIÓN DE LA MUESTRA. *American Association*, 01-11.

Todos Derechos Reservados. (2015). *Mantenimiento de*. Mexico: Alianza.

Torres, G. (2004). Banco experimental para la simulacion de modos de falla en sistema de bombeo. *Universidad EAFIT*, 60-62.

VELIZ, J. (1 de ENERO de 2021). *MILLS*. Obtenido de MILLS: <https://milma.cl/consecuencias-del-mal-mantenimiento-industrial/#:~:text=Un%20mal%20mantenimiento%2C%20no%20solo,posteriores%2C%20que%20hacen%20perder%20la>

Vidal, F. (18 de Mayo de 2021). *STEL Order*. Obtenido de STEL Order: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>

Vidal, F. (18 de mayo de 2021). *STEL Order*. Obtenido de STEL Order: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>