

**Rediseño de la Estrategia para el Mantenimiento en la Bomba Centrífuga
Recirculadora de Aceite en una Máquina Freidora de Papas**

Presentado por:

Jeferson Alberto Cuitiva. Código estudiantil: 49144

Luis Miguel Castro. Código estudiantil: 47390

Hugo Ferney Devia. Código estudiantil: 47093

Tutor

Ing. Miguel Ángel Urián Tinoco

Universidad ECCI

Especialización En Gerencia de Mantenimiento

Seminario De Investigación II

Bogotá D.C. 2021

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedicamos en primera instancia dando gracias a Dios, como fuente de energía e inspiración para cumplir nuestros anhelos y metas, también a nuestras familias como eje fundamental de impulso aportando a nuestras formaciones tanto profesional y como ser humano siendo el apoyo en esta trayectoria por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años.

Agradecimientos

El presente trabajo agradecemos a Dios por ser nuestra guía y acompañarnos en el transcurso de la vida, brindándonos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestra familia por ser el pilar fundamental y habernos apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron para estar hoy en donde estamos. También quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes.

Introducción

Actualmente en las empresas de manufactura es necesario el adecuado control y manejo de los mantenimientos en los diferentes tipos de bombas centrífugas de las máquinas de producción, es vital la aplicación de teorías de mantenimiento que lleven una óptima observación de gastos, que permitan el uso continuo de equipos de bombeo, con el fin de obtener el mejor provecho de los sistemas electromecánicos utilizados para el transporte de fluidos.

La necesidad actual del mercado ha forzado a los profesionales en mantenimiento en adquirir mejores tecnologías y a su vez personal capacitado para la manutención de sus equipos de bombeo, pero no se han considerado los factores que indirectamente pueden afectar la funcionalidad de una bomba, como lo son; una instalación incorrecta, un diseño inapropiado del sistema, una selección inadecuada de los repuestos del equipo y el poco análisis periódico del diagnósticos de fallas, el cual puede afectar el rendimiento del equipo de bombeo afectando al usuario final.

Cuando la administración no conoce de estos factores y no tiene un adecuado soporte puede incurrir en gastos adicionales como, por ejemplo; gastos de consumo de energía elevados, mantenimientos correctivos en sus equipos de bombeo de manera recurrente, y a su vez fallas en accesorios como, válvulas, tuberías, daños eléctricos por sobrecargas en el motor o simplemente una alimentación eléctrica deficiente del motor que proporciona de potencia mecánica a la turbo bomba.

Teniendo en cuenta, lo relacionado en los párrafos anteriores, es necesario poner a disposición de los administradores una serie de estrategias primordiales de mantenimiento para llevar el control y una hoja de vida, con el objetivo principal de evitar al máximo la falla súbita del equipo por repentinos acontecimientos durante la operación o mantenimientos

elaborados por personal con una mínima capacidad técnica y teórica de conocimiento de las turbo máquinas, de esta manera estudiaremos cada una de las falencias en la instalación, puesta a punto y operación continua de los equipos de bombeo.

Contenido

1	Introducción	4
2	Resumen.....	10
3	ABSTRACT.....	10
1	Título de la Investigación	12
2	Problema de la investigación	12
2.1	Descripción del problema	12
2.2	Formulación del problema	13
2.3	Sistematización de la pregunta principal	13
3	Objetivos.....	14
4	Justificación	15
5	Marco de referencia	16
5.1	Estados del arte	16
5.1.1	Estado del arte internacional.....	16
5.2	<i>Marco Teórico</i>	26
5.2.1	¿Qué es una estrategia de mantenimiento?.....	26
5.2.3	Principales estrategias de mantenimiento	27
5.2.4	Diagrama del flujo del proceso de una freidora de papas	30
5.2.5	Bomba Centrífuga Hydro Transportadora Serie P y sus características.	33
5.3	<i>Marco Legal</i>	37

6	Marco Metodológico.....	39
6.1	<i>Recolección de la información</i>	39
6.1.1	Tipo de investigación.....	39
6.1.2	Fuentes de obtención de la información	40
6.1.3	Herramientas.....	40
6.1.4	Metodología	41
6.1.5	Información recopilada.....	42
6.2	<i>Análisis de la información.</i>	49
6.3	Propuestas de solución.....	99
7	Impactos Esperados / Generados	101
7.1	<i>Impactos Esperados</i>	101
7.2	<i>Impactos Alcanzados</i>	102
7.3	<i>Discusión</i>	103
8	Análisis financiero	104
8.1	Inversión	104
8.2	Utilidad	104
8.3	ROI.....	104
9	Conclusiones y recomendaciones	105
9.1	<i>Conclusiones</i>	105
9.2	<i>Recomendaciones</i>	105

10	Referencias.....	106
----	------------------	-----

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Vista Realística del Dominio Computacional</i>	20
Figura 2	<i>Diagrama de Flujo Proceso</i>	31
Figura 3	<i>Funcionamiento de la Maquina Freidora de Papas</i>	32
Figura 4	<i>Bomba Centrífuga</i>	33
Figura 5	<i>Partes de la Bomba Centrífuga</i>	34
Figura 6	<i>Elementos Principales de la Bomba Centrífuga</i>	35
Figura 7	<i>Resultado de Fallas Bomba Principal de Aceite (Cornell)</i>	43
Figura 8	<i>Actividades de Mantenimiento de la Bomba Cornell</i>	45
Figura 9	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	98

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Taxonomía del Equipo Dentro de la Compañía</i>	44
Tabla 2	<i>Análisis de Metodología de Mantenimiento Actual</i>	49
Tabla 3	<i>Diagnóstico de Mantenimiento de la Bomba Centrífuga de Recirculación de Aceite</i>	54
Tabla 4	<i>Evaluación de los Modos de Falla Mediante el Número de Prioridad de Riesgo (NPR)</i>	55
Tabla 5	<i>Matriz de riesgos de la planta</i>	91

Tabla 6 <i>Jerarquización del Modo de Falla</i>	92
Tabla 7 <i>Nivel de frecuencia de ocurrencia</i>	94
Tabla 8 <i>Nivel de Detección de Fallos</i>	95
Tabla 9 Nivel De Severidad.....	96
Tabla 10 <i>Nivel De Costo</i>	97

Resumen

El presente proyecto, pretende conocer las principales falencias que se presentan en el funcionamiento de bombas centrífugas Cornell (4HH-F), adicionalmente elaborar un plan estratégico para un adecuado mantenimiento en dicho equipo. Este análisis se llevará a cabo mediante el historial de mantenimiento de la bomba centrífuga determinada desde el año 2020, comprendida en cuatro ejes descritos de la siguiente manera: generalidades, aspectos técnicos, Control (mantenimientos) y costos (mantenimientos preventivos y correctivos). De dicho modo obtener las falencias del sistema de bombeo presentadas y así aplicar los servicios de mantenimiento adecuados para su efectivo funcionamiento.

Esto constara de 3 etapas en donde las pautas principalmente serán las de realizar un diagnóstico inicial, recolección de datos, análisis de información y toma de decisiones, todo esto para obtener como resultado esperado el rediseño de la estrategia de mantenimiento que también previamente constara de un estudio apoyado con herramientas ingenieriles que serán vistas y tratadas en el transcurso de este proyecto.

Abstract

This report aims to know the main shortcomings that occur in the operation of Cornell centrifugal pumps (4HH-F), in addition to developing a strategic plan using the RCM methodology for proper maintenance in this equipment. This analysis will be carried out through the maintenance history of the centrifugal pump determined since 2020, comprised in four sections described as follows: General information: Technical data, Maintenance control and costs of preventive and corrective maintenance services. In this way, obtain the failures of the pumping system presented and thus apply the appropriate maintenance services for its effective operation.

Palabras Clave: Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), estrategias de mantenimiento, diagnóstico de fallas, tipo de repuesto, tiempo de vida de la máquina, bomba centrífuga, sello mecánico, aceite, máquina freidora.

Keywords: Reliability based Maintenance (RCM), Maintenance strategies, fault diagnosis, type of spare part, machine life time, centrifugal pump, mechanical seal, oil, frying machine.

1. Título de la Investigación

Rediseño de la estrategia para el mantenimiento en la bomba centrífuga recirculadora de aceite en una máquina freidora de papas

2. Problema de la Investigación

2.1 Descripción del Problema

Desde el análisis económico de una compañía productora de snacks donde su mayor demanda y producción está centrada en cuyo producto es la mezcla de papa, plátano y chicharrón freído, todo distribuido al cliente en una presentación por un paquete de 45 gramos que contiene la mezcla de estos. La principal línea de producción para que este producto se logre ésta se centra en una máquina freidora de papas donde su equipo principal es una bomba centrífuga, que se encarga de recircular el aceite vegetal dentro de la máquina freidora y un intercambiador de calor con un flujo constante de 800 GPM (galones por minuto) +/- 10, esto con el fin de lograr que el aceite alcance una temperatura por encima o muy similar a 165°C constante para garantizar la calidad del producto respecto a la humedad final que logra darle la crocancia que es característica principal de la papa freída.

El uso continuo de este equipo es de vital importancia y lo hace ser crítico para la operación donde las pérdidas económicas al no estar disponible por paros no programados y repentinos que se reflejan en cuantiosas cifras, observadas de la siguiente manera; el tiempo improductivo le cuesta a esta empresa 2.100 Kilogramos/hora, convertidos para paquetes en presentación de 45gr son 48.557 paquetes que se dejarán de producir, esto a un costo promedio de \$800 pesos (COP) representa la suma de \$39'000.000 pesos (COP) perdidos en una hora de producción, una suma de \$239,355 pesos (COP) por mano de obra operativa, un costo de mantenimiento en cuanto a repuestos dependen del fallo del

equipo, donde los rodamientos representan \$450.000 pesos (COP), sello mecánico \$8'000.000 pesos (COP) y un valor de \$65.000 pesos (COP) por mano de obra técnica especializada, lo que refleja un costo total de \$47'754.355 pesos (COP) por hora, en el peor de los casos donde la pérdida sea la totalidad del equipo se debería sumar un valor de \$87'000.000 pesos (COP). La información obtenida en el historial del equipo nos permite observar una ocurrencia de falla producida en promedio de 2 a 3 meses en un periodo semestral de (6 meses) y un tiempo promedio de intervención de 22 horas.

2.2 Formulación del Problema

¿Qué metodologías de mantenimiento serían las más efectivas para optimizar la vida útil de la bomba centrífuga de una máquina freidora de papas?

2.3 Sistematización de la Pregunta Principal

- ¿Cómo realizar el monitoreo y análisis de la bomba centrífuga para obtener el diagnóstico de la estrategia de mantenimiento actual?
- ¿Realizando el análisis de la metodología de mantenimiento se puede observar detalladamente las posibles fallas del equipo en un período semestral?
- ¿Por medio del diagnóstico de la estrategia actual y recopilación de la información del tipo de fallas se podrá realizar el rediseño y formulación de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Rediseñar la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga de recirculación de aceite en una máquina freidora de papas, para identificar los puntos críticos del equipo.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar el diagnóstico de la estrategia actual de mantenimiento para la bomba centrífuga.
- Analizar la metodología de mantenimiento del equipo durante un periodo de 6 meses, con el fin de identificar el procedimiento óptimo ante las posibles fallas.
- Formular la estrategia de mantenimiento más adecuada para aumentar la vida útil del equipo.

4. Justificación

A nivel global las organizaciones buscan optimizar sus estrategias siendo cada vez más eficientes, en el caso de mantenimiento a partir del estudio pormenorizado de los activos se afinan las estrategias buscando impactar de manera positiva la confiabilidad de los equipos críticos. El siguiente proyecto, muestra el rediseño de la estrategia de mantenimiento para la bomba centrífuga de la máquina freidora de papas en una compañía productora de snacks, por la identificación de la problemática planteada es necesario establecer una estrategia de mantenimiento que pueda ayudar ante las pérdidas que se generan al paro no programado del equipo ya que son bastantes significativas en cuanto al tiempo promedio de intervención y pérdidas de producción en general. Este diseño de estrategia de mantenimiento se realizará sobre el historial de mantenimiento actual de la bomba centrífuga, junto con la verificación del datasheet que la componen, para así optimizar la vida útil del equipo mediante la aplicación de los tipos de mantenimiento, identificar los puntos de acople y unión en donde se pierde la hermeticidad realizando un análisis secuencial del funcionamiento de la máquina para mirar su desgaste o fatiga y por último conjugar toda la información para formular la estrategia de mantenimiento y aumentar la vida útil del equipo.

4.1 Delimitación.

La compañía productora de snacks ubicada en Bogotá en el sector de Montevideo o más conocido como zona industrial, se aplicará la estrategia de mantenimiento a la bomba centrífuga de la máquina freidora de papas en esta sede de producción, el proyecto es desarrollado entre los meses de enero y junio de 2022.

4.2 Limitación.

La limitante presente es la falta de accesibilidad en toda la información que deriva del historial de mantenimiento a la bomba centrífuga, esto debido a la confidencialidad que tiene la empresa ya que dicho proyecto es planteado a nivel de investigación.

5. Marco de Referencia

5.1 Estados del Arte

5.1.1 *Estado del Arte Internacional*

5.1.1.1 Propuesta Mejora del Plan de Mantenimiento para una Empresa de

Transporte Público Caso de estudio "Autobús Zonal Clase I". En el año de 2019, estudiantes del programa de Especialización en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad ECCI, plantearon una mejora al plan de mantenimiento de una flota de buses del SITP, red de transporte público articulada, organizada y de fácil acceso con cobertura en toda la ciudad de Bogotá, basados en un procedimiento de RCM, donde a través de un AMEF lograron evidenciar las principales fallas de los elementos y sistemas que componen los buses del segmento Clase I con capacidad de 20 a 30, que a la fecha presentaban fallas funcionales que repercutían directamente en retornos a los talleres para la ejecución de mantenimientos correctivos que generaban incremento en los costos de mantenimiento (Cárdenas et al., 2019). El trabajo citado sirve como guía en la presente investigación para orientar el proceso de identificación de los aspectos críticos al momento de proponer un plan de mantenimiento, que permita garantizar el adecuado desempeño, confiabilidad y disponibilidad de los vehículos para el transporte de pasajeros durante su ciclo de vida útil. Además, ofrece un marco de referencia

para la implementación de metodologías y rutinas de mantenimiento preventivo acordes a las necesidades particulares de la flota vehicular.

5.1.1.2 Elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Críticos de la Sala de Jarabe Simple y Terminado de Pepsi-Cola Villa de Cura Basado en el Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEMA). El trabajo se enfocó en un estudio descriptivo de tipo proyectivo, basado en un diseño no experimental con una investigación de campo, cuyo objeto se fundamentó en levantar la información pertinente de los equipos críticos operativos en la sala de jarabe simple y terminado, con la finalidad de ajustar la política de gestión de mantenimiento a los requerimientos reales de la compañía, como parte de esta dinámica se aplicó la metodología SIGEMA, la cual consistió en seis fases: formación del equipo de trabajo, levantamiento de información de la línea, jerarquización de los equipos, análisis y clasificación de las fallas, selección de repuestos y creación de planes de mantenimiento. (Mirelys, 2016). En cuanto a los resultados se diagnosticó las condiciones actuales del área, así mismo se identificaron los equipos presentes, obteniendo un 8% de equipos críticos del universo de estudio, siendo el porcentaje más alto de un 60% para los equipos semicríticos y un 32% para los no críticos. Consecutivamente se realizó un análisis de fallas enmarcado en la determinación de cuáles son las actividades y frecuencias de aplicación de cada uno de los planes, predominando la política de mantenimiento preventivo en un 65%, la política correctiva en un 31% y una política de mejora en un 4%. Como conclusión principal, se resalta la importancia de definir estrategias enmarcadas en la prevención y reacción, las cuales permiten evaluar la gestión de la sala de

preparación y ajustarse a los diversos escenarios del mercado venezolano.

(Mirelys, 2016).

5.1.1.3 Planeación Estratégica y Gestión de Mantenimiento en el Instituto

Metropolitano Protransporte de Lima. La Unidad de Recursos Humanos del Instituto Metropolitano Protransporte de Lima, deberá brindar capacitación sobre planificación estratégica y la difusión de la planificación estratégica de la institución, con el fin de fortalecer las labores de planificación que redundará en la mejora del servicio de transporte para los usuarios del metropolitano, y la Unidad de Recursos Humanos establecerán mecanismos continuos de capacitación técnica sobre la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, con el fin de disponer de personal capacitado para el levantamiento de información adecuada para la elaboración de la planificación estratégica y operativa. (Eduardo, 2018).

5.1.1.4 Plan De Gestión para el Mantenimiento del Sistema de Generación de Vapor en el Hospital de Accidentes, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

Ceibal. El estudio determinó que durante los últimos años existió un evidente desinterés por realizar el mantenimiento preventivo al sistema encargado de generar y distribuir el vapor saturado hacia la red hospitalaria. El mantenimiento preventivo debería ser una prioridad para este tipo de sistemas, no obstante, el personal responsable en la mayoría de los casos optó por un mantenimiento de tipo correctivo, lo cual podría afectar la vida útil y la eficiencia de los equipos. Por este motivo se estableció como prioridad realizar un análisis sobre los mantenimientos preventivos y correctivos al sistema de generación de vapor, con el objetivo de encontrar las áreas de oportunidad que contribuyeran a crear un plan de gestión de los tiempos de mantenimiento, al conjunto de equipos que ayudan a generar vapor

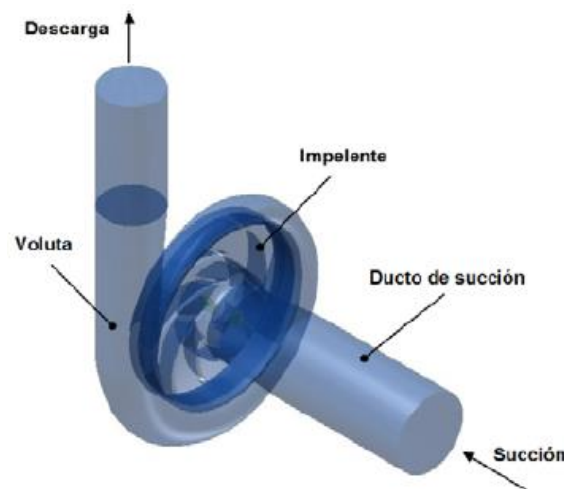
saturado, producto necesario e importante para los pacientes del seguro social. A raíz de la falta de compromiso y responsabilidad en el mantenimiento de los equipos, se programó la realización de una capacitación al personal de mantenimiento del área de calderas, para concientizar sobre la importancia de programar los mantenimientos preventivos. (Laines López, 2019)

5.1.1.5 Validación Del Modelo Numérico Del Comportamiento Hidráulico De Una Bomba Centrífuga. El trabajo de las bombas centrífugas se da comúnmente por el cambio en el flujo volumétrico del sistema fuera de las condiciones de diseño, operando con eficiencia inferior a las específicas, esta operación con flujos volumétricos más altos o más bajos, genera flujos de pre-rotación que se desarrollan en sentido ascendente dentro de la sección de admisión antes de ingresar en el ojo del impelente. La formación y disipación de estos vórtices inestables de flujo causan las principales pérdidas hidráulicas al paso de flujo por la bomba centrífuga. Cuando el flujo de operación de una bomba centrífuga a carga parcial y fuera de su punto de diseño, se producen vórtices de recirculación en la entrada del impelente, en el rango de 0.5 a 0.8 del caudal nominal, que se caracterizan por un retorno del flujo de fluido del impelente hacia el tubo de succión, desde donde este reingresa cerca del centro del impelente, ganando intensificación con la disminución de la velocidad del flujo. Obteniendo como resultado que las líneas de corriente que se originan en 60 puntos equitativamente distribuidos en la superficie de entrada a la bomba. En correspondencia con la condición de contorno empleada de flujo masivo de entrada, el perfil de velocidades es unidimensional y es la característica que se observa en las líneas de corriente a la entrada. Aguas abajo del conducto, y ya en el cono de succión de la

bomba, las líneas de corriente comienzan a seguir un movimiento de torsión para alcanzar la entrada del impelente, donde estas terminan de ser representadas. La magnitud que las líneas representan es la velocidad y como puede apreciarse, los efectos viscosos son relativamente pequeños, pues el perfil de velocidades a la entrada así lo manifiesta. (Mariño-Abarca, 2019).

Figura 1

Vista Realística del Dominio Computacional.



Nota. tomado de Validación del modelo numérico del comportamiento hidráulico de una bomba centrífuga de Mariño-Abarca, Oswaldo¹, González-Bayón, Juan José², Delgado-García, Reinaldo³, Borrajo-Pérez, Rubén⁴. 2019

5.1.1.6 Análisis de Fallas Recurrentes y Propuesta de Soluciones para el Sistema de

Bombeo de Agua. Se obtuvo una orientación certera para el desarrollo y aplicación del proyecto y se realizó el diagnóstico técnico y de mantenimiento en las camaroneras que resultaron más críticas. Las características generales de estas empresas es que poseen desde 2 hasta 15 bombas axiales verticales de caudal que varía entre 1,0 y 1,2 m³, generalmente instaladas entre 1 y 3 estaciones de bombeo y encargadas de garantizar el agua a los estanques de desarrollo del camarón. En el

93% de las bombas, la energía que usan los motores es la energía eléctrica. En todas las empresas han ocurrido fallas de las bombas. (Martínez Pérez & Álvarez García, 2019). Como resultado se obtiene el análisis de criticidad para detectar la empresa con mayores fallas. Los que participaron en el análisis de criticidad fueron cinco (5) Especialistas Principales de Tecnología y Producción e Ingenieros Mecánicos y Eléctricos con más de 10 años de experiencia. Los resultados obtenidos para los indicadores de mayor impacto se muestran a continuación; La frecuencia de falla obtenida del análisis de los históricos de las empresas arrojó un total de averías debido a fallas ocurridas durante el periodo 2012 al 2016 ascendente a 24, de ellas 12 averías mecánicas y 12 averías eléctricas. Por otra parte, se observa que en la empresa Cultisur ocurrieron 11 averías para un 48% del total y en la empresa Calisur ocurrieron 8 para el 35% del total ocurrido. En todos los casos estos comportamientos anormales de los componentes eléctricos o mecánicos imposibilitaron la operación correcta de las bombas. (Martínez Pérez & Álvarez García, 2019).

5.1.2 *Estado del Arte Nacional*

5.1.2.1 Propuesta de Aplicación de Consultoría para la Medición de la Gestión de Mantenimiento “Caso Empresa COCA-COLA FEMSA”. Se proporcionó a la empresa COCA-COLA FEMSA los fundamentos, metodologías, herramientas y apoyo profesional, para proponer soluciones orientadas al logro de un desarrollo integral y sostenible de la gestión del mantenimiento de la empresa Generar un diagnóstico de la organización a partir de la propuesta de aplicación de la consultoría. Mantenimiento tipo A: En esta tipología de mantenimiento se desarrolló la lubricación del vehículo, se revisaron y repararon los sistemas más

evidentes o notorios en el funcionamiento de los vehículos. **Mantenimiento tipo B:** En este tipo de mantenimiento se diagnosticaron los sistemas a un nivel de profundidad medio a fin de cambiar partes o elementos, además de reparaciones de nivel medio con el fin de garantizar la confiabilidad del equipo en la operación. **Mantenimiento tipo C:** En este tipo de mantenimiento se consideran reparaciones de alto impacto con el fin de preservar la mantenibilidad del activo, siendo las reparaciones de este tipo de mantenimiento llevadas a un nivel de minuciosidad que proporcione y garantice la operación del activo durante un periodo más extenso, aumentando el tiempo que el equipo ingrese al taller, teniendo como consecuencia la disminución de mantenimientos correctivos. (Ochoa Rodríguez Aldemar Franklin, 2016).

5.1.2.2 Proyecto de Mejora del Plan de Mantenimiento de las Islas de Combustible Ubicadas en la “Mina de Carbones del Cerrejón Limited”. La compañía Desarrolla una guía basada en la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para mejorar el plan de mantenimiento de los equipos de las islas de combustible, del complejo carbonífero de la empresa Carbones del Cerrejón Limited. Mediante una guía con la metodología propuesta y sus procedimientos. Se propone unas tablas y herramientas para estandarizar la toma de datos y de esta forma contribuir a que el proceso de implementación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad sea llevado con éxito, y se logre generalizar en todas las islas de la empresa. La nueva metodología propuesta permite mejorar el plan de mantenimiento actual de la empresa, pues al implementar de manera efectiva se lograría obtener un plan de mantenimiento proactivo basado en la criticidad, junto con un plan optimizado entre costos y

beneficios enfocado en la preservación de los requisitos funcionales, selección de tareas basadas en la jerarquía de recursos y basadas en condición antes que basadas en tiempo. (Angulo Coronel, 2017)

5.1.2.3 Estructuración de un Modelo de Gestión del Mantenimiento Preventivo

Aplicable a la Industria de Molinería de Arroz en el Departamento del Tolima”.

Se estructura un modelo de mantenimiento preventivo general de activos, aplicable a las industrias de molinería de arroz en el departamento del Tolima, que contribuya al mejoramiento de la confiabilidad operacional. Se debe generar el liderazgo gerencial en el concepto del mantenimiento y su necesidad de soportar el resultado operacional a través de la confiabilidad de equipos y procesos, de la capacitación y el entrenamiento permanente del personal colaborador en toda la cadena productiva, de la implementación tecnológica de punta en las actividades estratégicas del mantenimiento, como lo son el diagnóstico de equipos, la seguridad de las instalaciones, la confiabilidad de la información y del control adecuado del riesgo operacional. Como en todos los procesos estratégicos del negocio, se deben soportar y asignar los recursos adecuados del capital y del conocimiento, a través de un presupuesto del mantenimiento enfocado y alineado con las herramientas propuestas de la tecnología y de la confiabilidad, inversiones adecuadas y gestión monitoreada a través de los indicadores kpi, balance scorecard en el mantenimiento y en la cadena de la gestión de los activos del proceso productivo. Se deben desarrollar capacitaciones específicas en cada departamento acorde con los programas establecidos en cada fase del modelo, y reuniones de revisión de resultados que permitan fomentar la cultura preventiva y el enfoque del soporte gerencial efectivo

de los equipos a través del modelo preventivo y del mejoramiento continuo de las actividades y de la aplicación tecnológica. (Carlos, 2018).

5.1.2.4 Optimización del Plan de Mantenimiento de las Instalaciones en la Planta de Cuidado del Hogar “Compañía BRINSA S.A.” en el Municipio de Cajicá a través de la Gestión del Riesgo. Optimizar la gestión del mantenimiento de la instalación física de la PCH de la compañía BRINSA S. A. a través de un análisis de riesgos. Desarrollar las acciones para reducir las amenazas al cumplimiento de los objetivos del proyecto y delimitar los pasos a seguir para mitigar los riesgos, después de clasificar los riesgos y calificarlos designando a cada uno un nivel de severidad, se organizan por categoría para definir el plan de respuesta. El criterio de selección se escoge de acuerdo con el nivel de prioridad o severidad que presente los riesgos, las categorías están clasificadas de la siguiente manera: riesgo administrativo, riesgo de gestión, riesgo de ejecución, riesgo histórico. Plantear opciones de respuesta: mediante lluvia de ideas de expertos se plantean las respuestas para ser evaluadas y/o ejecutadas. Definir la estrategia: luego de la lluvia de ideas se analizarán las respuestas a los riesgos para tomar la decisión, de qué estrategias se va a tomar. (Jurado Vega, Cuan Pérez, & Ramírez Verano, 2018).

5.1.2.5 Rediseño del Proceso de Mantenimiento para los Activos Productivos de la Planta de Superficies. Rediseñar el modelo de gestión de mantenimiento para los activos productivos de la planta de superficies Corona de Madrid que agrupe las mejores prácticas actuales para optimizar la disponibilidad de los procesos y permita obtener un costo apropiado de acuerdo con los lineamientos de la organización. De acuerdo con lo planteado por Wireman (2004), se puede buscar

la implementación de una estructura que esté integrada con ingeniería y que centralice la planeación del mantenimiento para toda la planta, en la que su ejecución se haga de manera transversal para todos los procesos productivos. De acuerdo con lo anterior, se propone una jefatura nacional de ingeniería y mantenimiento, que estará en el mismo nivel jerárquico que las jefaturas de producción y que, además, podría incluir: El área de ingeniería y proyectos se integrará con el equipo de mantenimiento en una sola área, que se llamará proyectos y gestión de activos. Se tendrán dos enfoques para la gestión del mantenimiento: correctivo (atención de emergencias o averías por cada turno) y planeado o preventivo (ILR, TBM, CBM y PBM). Se debe plantear un proceso de mantenimiento preventivo centralizado que estará alineado por procesos. Alcances de ingeniería y proyectos integrados con mantenimiento: La planeación del mantenimiento será ahora centralizada y por procesos. Será responsable de la gestión de activos, de la programación del mantenimiento, de la planeación de compras de repuestos y de la gestión del inventario de repuestos. La ejecución del mantenimiento será transversal a los procesos y se podrán disponer los recursos con base en las necesidades, con independencia del 80 proceso en el que estén ubicados los facilitadores y los técnicos de mantenimiento. Se tendrá un responsable de la ejecución de los proyectos por cada planta. Se podrá rotar el personal de técnicos de mantenimiento entre correctivos y preventivos dependiendo de las necesidades. La validación de las competencias y el entrenamiento se realizará al tener en cuenta la nueva organización. Incluye generar un plan de entrenamiento para entregarlo en todos los niveles. En el caso en el que aplique, los montajes y los proyectos se pueden realizar con personal de

mantenimiento interno. Se mantiene la responsabilidad de este equipo en el manejo del pilar de mantenimiento planeado del SPC, de los indicadores y de los tableros de mantenimiento. Se harán ajustes en forma paulatina. (Arnulfo, 2020).

5.2 Marco Teórico

5.2.1 *¿Qué es una Estrategia de Mantenimiento?*

Las diferentes instalaciones requieren diferentes estrategias de mantenimiento. Así, hay instalaciones en las que las tareas predominantes son las tareas de tipo correctivo, ocupando las tareas con mayor carácter preventivo un papel absolutamente secundario; hay otras plantas en las que las tareas que marcan la actividad de mantenimiento son las de tipo condicional o predictivo, siendo las de carácter sistemático o las de carácter correctivo minoritarias. Hay un tercer grupo de plantas en las que se requiere unas revisiones sistemáticas, apenas se aplican las tareas de carácter condicional y las averías son un efecto no deseado que se trata de minimizar a toda costa. Existe un grupo de instalaciones en las que la base del mantenimiento son las grandes revisiones que se hace cada cierto tiempo generalmente con una periodicidad anual o superior. Y existe por último un grupo de instalaciones a las que se les exige una gran disponibilidad para producir, una fiabilidad en la predicción de su producción y un número de averías mínimo. (Renovetec, 2015)

Una estrategia de mantenimiento es la decisión que adoptan los responsables de la gestión de una planta para dirigir su mantenimiento, haciendo que un grupo de tareas sean la base de la actividad de mantenimiento, y el resto de las tareas esté supeditadas a ese tipo básico. Así, existen al menos cinco estrategias de mantenimiento: Estrategia correctiva, Estrategia condicional, Estrategia sistemática, Estrategia de alta disponibilidad, Estrategia de alta disponibilidad y fiabilidad. (Renovetec, 2015)

5.2.2 *¿Qué Tipos de Metodologías de Mantenimiento Existen?*

Para determinar cuál estrategia de mantenimiento conviene implementar, es necesario conocer primero cuáles son las métricas de producción exigidas, la filosofía de la empresa, los tipos de clientes, el giro del negocio, el plan anual del departamento financiero, los objetivos que son asignados como jefe de planta y/o de mantenimiento entre muchos otros. A partir de esta evaluación y conociendo las características de cada estrategia de mantenimiento, ya se puede elegir la o las estrategias que se ajustan mejor a los objetivos de la empresa. (C., 2019)

5.2.3 *Principales Estrategias de Mantenimiento*

5.2.3.1 Estrategia Correctiva. Es la más elemental porque está basada en la reparación de las averías que surjan. Esta estrategia se aplica en equipos y sistemas con el nivel más bajo de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. No generan pérdidas de producción y su coste de reparación es bajo. Las plantas a las que aplica esta estrategia son plantas en las que no toda la producción está vendida y, por lo tanto si se produce una avería podrían recuperar la producción perdida sin afectar los intereses de la planta. Además, son plantas donde sus equipos son de bajo coste donde resulta más rentable esperar el fallo que tratar de anticiparse a él. Sus inconvenientes son que el número de averías es mucho mayor que cualquier otro tipo de mantenimiento. (C., 2019). La disponibilidad será siempre muy baja (menor del 50%). Su indicador de fiabilidad será nulo ya que una avería podría ocurrir en cualquier momento. La otra desventaja es que el costo de

mantenimiento será incierto ya que dependerá del número de averías que la instalación sufra. (C., 2019).

5.2.3.2 Estrategia Condicional. Además de las tareas de la estrategia correctiva, se incluye una serie de pruebas que condicionarán una actuación posterior. Estas pruebas relacionan una variable física o química con el desgaste del equipo. Nos referimos a las pruebas predictivas, si tras las pruebas se descubre una anomalía, se programa una intervención. Esta estrategia es aplicada en plantas de alta fiabilidad en las que es fácil prever un posible fallo con determinadas técnicas. Dentro de sus ventajas están que aumenta de forma importante la fiabilidad de la planta, por arriba del 80%, sin embargo, no todo es bueno se requiere de personal con conocimientos elevados en técnicas predictivas además de importantes inversiones en equipos y herramientas sofisticadas. (C., 2019).

5.2.3.3 Estrategia sistemática. Está basada en la realización de amplios conjuntos de tareas distribuidas a lo largo del año y que se realizan sin importar cuál es la condición del equipo se resuelven todas las averías que surjan. Dentro de las ventajas le da una alta disponibilidad a la planta por lo general arriba del 80%, además aporta una fiabilidad que puede considerarse media-alta aun así algunos de sus inconvenientes es que es una estrategia cara, de alto presupuesto y solo será interesante si el aumento que se obtiene de producción compensa este mayor coste comparado con la estrategia condicional. (C., 2019).

5.2.3.4 Estrategia de alta disponibilidad. Se trata de una estrategia exigente y exhaustiva. Se aplica en aquellas instalaciones donde se requiere que estén disponibles para producir un altísimo número de horas al año. Son plantas que por lo general tienen toda su producción vendida y cada hora de indisponibilidad

provoca una pérdida de ingresos importante y fácilmente medible. Para mantener estos equipos es necesario emplear técnicas de mantenimiento predictivo, pero sobre todo su mantenimiento debe estar basado en paradas programadas que supondrán una revisión general completa con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con alta probabilidad de fallo. En una estrategia de alta disponibilidad no se incluye el mantenimiento correctivo. El objetivo es Cero Averías. Las refinerías, gran parte de la industria petroquímica y las centrales eléctricas, que normalmente buscan disponibilidades de más del 92%, utilizan este tipo de estrategia. (C., 2019).

5.2.3.5 Estrategia de alta disponibilidad y fiabilidad. Además de una alta disponibilidad, muchas instalaciones requieren una alta fiabilidad como es el caso de las centrales eléctricas que deben programar su producción para la jornada siguiente. Una parada no programada afecta al gestor de la red eléctrica que debe buscar cómo solucionar la falta de energía con la que contaba. Esto puede llevar a fuertes penalizaciones y sanciones. La industria del automóvil trabaja normalmente con sistemas basados en Cero Stock, lo cual ahorra costes de almacenamiento y reduce plazos de entrega, pero exige que las instalaciones sean fiables, para poder cumplir los compromisos de entrega. Aquí los valores de fiabilidad pueden llegar a más del 98%. En esta estrategia, solamente con mantenimiento no es posible alcanzar estos objetivos. Es necesario utilizar otras técnicas complementarias. (C., 2019).

5.2.3.6 ¿Para qué sirve la estrategia de mantenimiento? Aunque las personas puedan creer que el mantenimiento se hace porque si, es imprescindible tener en cuenta la estrategia a seguir a la hora de diseñar un plan de mantenimiento. Pero ¿por qué es

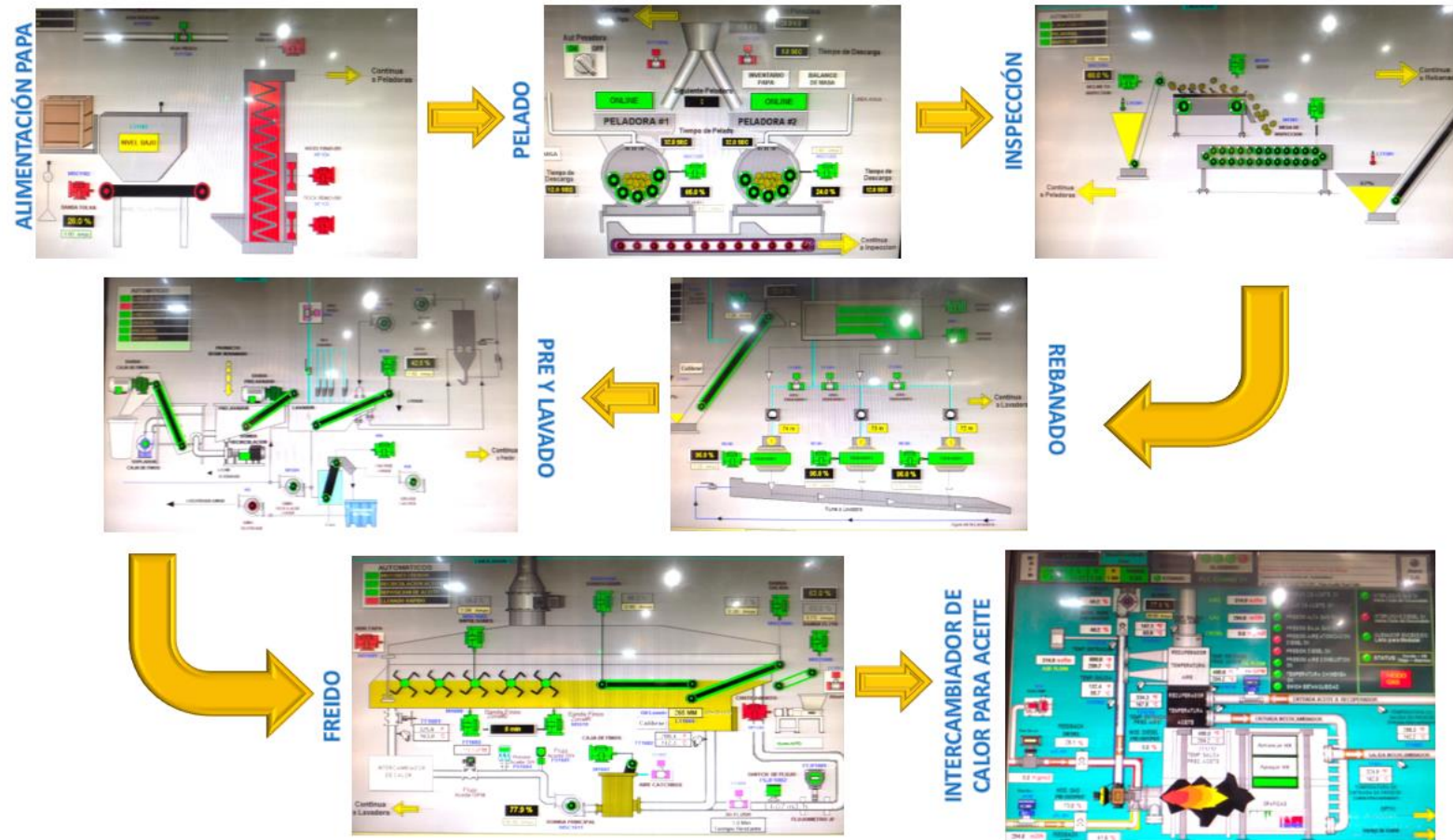
importante diseñar una estrategia para realizar mantenimiento? porque lo que deseamos es obtener los mejores resultados posibles, optimizar recursos y minimizar costes, con el objetivo de tener los equipos en el mejor estado posible y así poder maximizar su utilización. Una planta industrial requiere de una estrategia de mantenimiento mediante la aplicación de diversos tipos de tareas de mantenimiento para poder compensar el desgaste y la pérdida de prestaciones que el uso y el tiempo provocan en la instalación. Habitualmente las tareas a llevar a cabo son de diferentes tipos, y constituyen una mezcla heterogénea distinta en cada tipo de instalación. (C., 2019)

5.2.4 *Diagrama del Flujo del Proceso de una Freidora de Papas*

En primera instancia el diagrama de flujo del proceso que desarrolla una freidora de papas se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 2

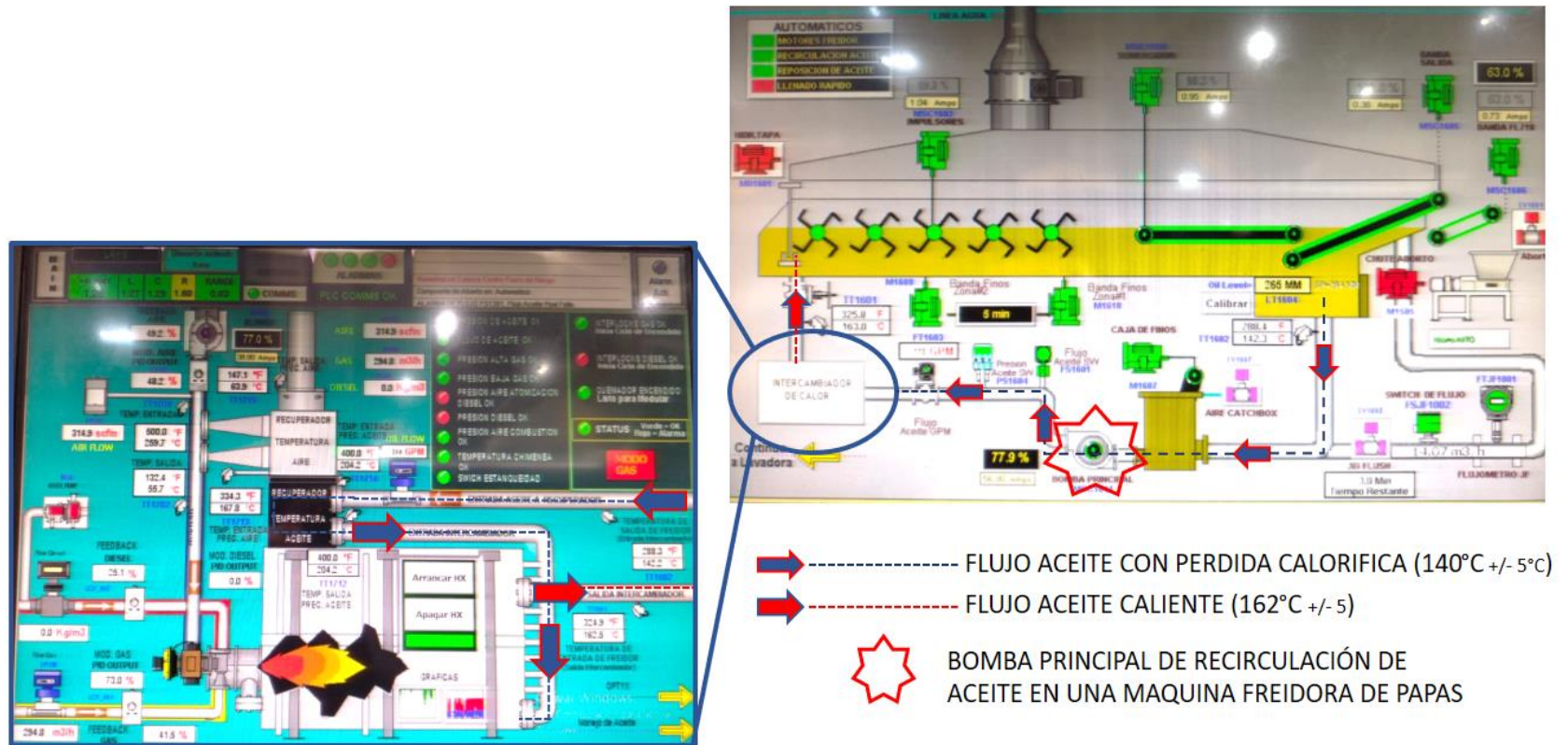
Diagrama de Flujo Proceso



Nota. Proceso de freído de papa a través del desglose de sus principales etapas (modificada y ajustada para el contexto)

Figura 3

Funcionamiento de la Maquina Freidora de Papas



Nota. para lograr entender el proceso que se lleva a cabo en una freidora de papas en la Figura 3 se muestra el Proceso de recirculación y calefacción de aceite., (modificada y ajustada para el contexto)

5.2.5 *Bomba Centrífuga Hydro Transportadora Serie P y sus características.*

- Impulsor de un solo álabe
- Con conexión de 3" a 6"
- Voluta expandible
- Fácil y bajo costo de mantenimiento
- Construcción robusta
- Impulsor roscado
- Excelente manejo del producto (daño menor al 2%)
- Con diversas opciones de sellado: empaquetadura grado sanitario (Estándar) y Sello mecánico Cycloseal (opcional).

5.2.5.1 Materiales

- Hierro Dúctil (estándar).
- Construcción opcional.
- Acero inoxidable 304. y/o 316.

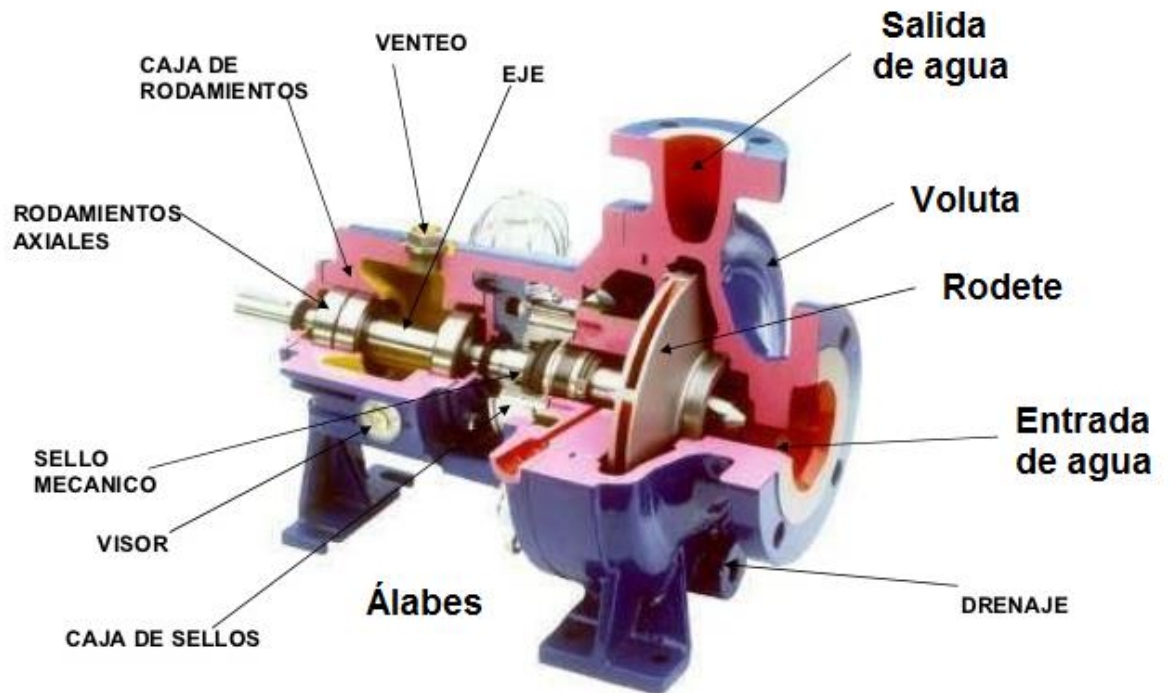
En la figura 4, se puede observar en forma general una bomba centrífuga Cornell en su presentación básica previo a su acondicionamiento en planta.

Figura 4

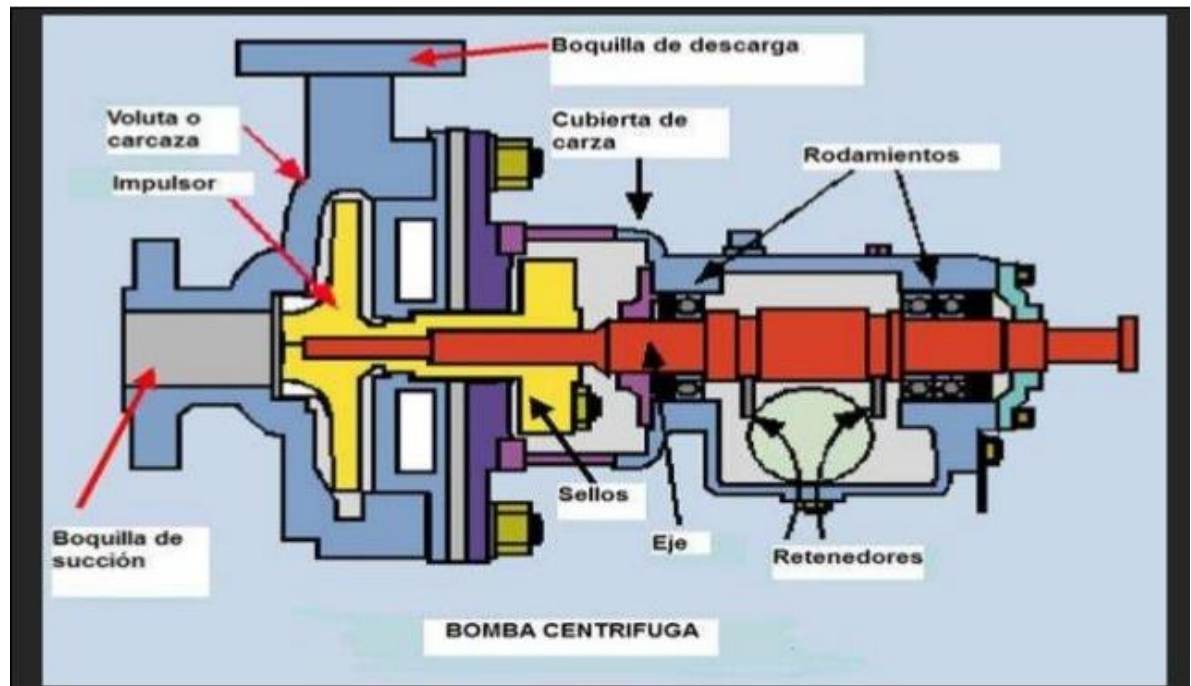
Bomba Centrífuga



Nota. Datasheet Cornell de recirculación y calefacción de aceite (modificada y ajustada para el contexto)

Figura 5*Partes de la Bomba Centrífuga*

Nota. En la Figura 5 se puede observar las diferentes partes de la bomba centrífuga y como esta constituida internamente, curso de máquinas eléctricas, Obra publicada con Licencia Creative Commons, compilado por Pérez – Nepta, Jorge, 2019 (https://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/BombasHidraulicas/partes_de_una_bomba_centrifuga.html).

Figura 6*Elementos Principales de la Bomba Centrífuga*

Nota. Detalle de cada uno de los componentes que hacen parte de la bomba centrífuga y sus funciones, Tipos de bombas hidráulicas – mantenimiento ens, (<https://sites.google.com/site/mantenimientoenselectrom/bombas-hidraulicas/tipos-de-bombas-hidraulicas>)

Impulsor: Un impulsor es un disco giratorio de hierro o acero con álabes en una bomba centrífuga. Los impulsores transfieren energía del motor que acciona la bomba al fluido que se está bombeando acelerando el fluido radialmente hacia fuera desde el centro de rotación. La velocidad alcanzada por el impulsor de la bomba de agua se transforma en presión cuando la carcasa de la bomba limita el movimiento hacia fuera del fluido. Los impulsores están disponibles como impulsores de vórtice o de canal.

Oring: Se denomina junta tórica u O-Ring a una junta de forma toroidal, habitualmente de goma, cuya función es la de asegurar la estanqueidad de fluidos,

por ejemplo, en cilindros hidráulicos y cilindros neumáticos, como también en equipamiento de submarinismo acuático.

Eje: pieza de forma tubular donde se sujetan todas las partes rotatorias de la bomba centrífuga. Para garantizar que cumpla su función de mantener alineadas las partes giratorias de la bomba centrífuga y la de transmitir el torque de giro se requiere que su alineación sea perfecta.

Impeller: parte de la bomba que constituye el elemento que imprime energía al fluido. Su función es la de recoger el líquido por la boca de la bomba y lanzarlo con fuerza hacia la salida de la bomba. Para hacer esto el impulsor dispone de una serie de pequeñas partes llamada álabes. Gracias a los álabes el impulsor es capaz de darle velocidad de salida al líquido.

Carcasa: parte de la bomba que cubre las partes internas de la misma, sirve de contenedor del líquido que se impulsa, y su función es la de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. La carcasa le permite a la bomba formar el vacío necesario a la bomba centrífuga para poder impulsar el líquido, gracias a las partes.

Rodamientos: Constituye el soporte y guía de la flecha o eje. Este componente permitirá la perfecta alineación de todas las partes rotatorias de la bomba. El cojinete, también es la parte de la bomba que se encarga de soportar el peso (carga radial y/o axial) de las partes rotatorias de la bomba.

Sello Mecánico: Un sello mecánico es un dispositivo que permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos, conteniendo la presión, o no permitiendo

el ingreso de contaminación. La eficacia del sellado reside principalmente en la adhesividad en el caso de sellantes y de la compresión en el caso de los casquillos.

5.3 Marco Legal

A continuación, se presenta la normativa necesaria a tener en cuenta para la bomba centrífuga:

La norma internacional API 610 / ISO 13709 establece los requisitos para las bombas centrífugas en voladizo, entre cojinetes y suspendidas verticalmente que trabajan en servicios de proceso de la industria de petróleo, petroquímica y gas.

Sistemas de Sellado API 682 (ISO 21049) Generalidades: La normativa API 682 e ISO 21049 especifican los diferentes sistemas de sellado disponibles, con los diferentes parámetros que deben de ser considerados, tales como la disposición, configuración, tipo de plan API, etc. Un plan API determina la tubería o sistemas auxiliares que se conectan a la cámara de sellado y/o al sello mecánico. Algunas configuraciones de sellos solo trabajan en combinación con el apropiado plan API.

Habitualmente, la combinación del control externo y unidades de suministro que se realizan con ciertos planes API, se llaman “sistema de suministro”.

Documentación: Una de las mayores dificultades a la hora de construir un plan API 682 / ISO 21049, reside en la documentación a elaborar. Estas normativas, implican el mayor grado de calidad y seguridad para el usuario, e instan al fabricante a documentar con detalle las características del equipo, así como los puntos críticos de diseño y fabricación.

- Plano de disposición general (GA)
- Diagrama de proceso e instrumentación (P&Id)
- Dossier de calidad
- Pruebas
- Certificados de calibración instrumentación
- Certificados de materiales
- Fichas técnicas & lista de materiales (B.O.M)
- Repuestos recomendados para P.E.M, y operación.
- Documentación Opcional
- Planos seccionales & específicos
- Cálculos de componentes
- Certificados especiales
- NDT (pruebas no destructivas)
- PMI (identificación positiva de materiales)
- Procedimientos de soldadura

La norma ISO 281: 2007 especifica métodos para calcular la capacidad de carga dinámica básica de los rodamientos dentro de los rangos de tamaño mostrados en las publicaciones ISO relevantes, fabricados con acero para rodamientos endurecido de alta calidad, de uso común y contemporáneo, de acuerdo con las buenas prácticas de fabricación y básicamente diseño en lo que respecta a la forma de las superficies de contacto rodantes.

ISO 281: 2007 también especifica métodos para calcular la vida nominal básica, que es la vida asociada con un 90% de confiabilidad, con material de alta calidad de uso común, buena calidad de fabricación y con condiciones de operación convencionales. Además, especifica métodos para calcular la vida nominal modificada, en los que se tienen en cuenta diversas confiabilidades, condiciones de lubricación, lubricante contaminado y carga de fatiga del rodamiento.

ISO 281: 2007 no cubre la influencia del desgaste, la corrosión y la erosión eléctrica en la vida útil del rodamiento.

ISO 281: 2007 no es aplicable a diseños en los que los elementos rodantes operan directamente sobre un eje o la superficie de la carcasa, a menos que esa superficie sea equivalente en todos los aspectos a la pista de rodadura del anillo del rodamiento (o arandela) que reemplaza.

6 Marco Metodológico

6.1 Recolección de la Información

6.1.1 *Tipo de Investigación*

El paradigma del siguiente proyecto es de tipo cualitativo y la investigación es documental para el estudio del caso empleado mediante la recolección y consulta de información a través de textos, libros, documentos y todos los medios de información de esta índole, para brindar así los antecedentes del problema y el estado del mismo, mientras que para el enfoque de la investigación se combina el tipo cuantitativo y cualitativo dando como resultado de uso del enfoque mixto como el más idóneo, porque unifica todos los ítem, parámetros y conceptos para la recolección y estructuración de la estrategia de mantenimiento en donde las fases serán las siguientes:

- Realizar el monitoreo y análisis de la bomba centrífuga para obtener el diagnóstico de la estrategia de mantenimiento actual.
- Verificar, filtrar y buscar la información del tipo de fallas en el equipo durante un periodo de 6 meses a través del historial u hoja de vida.
- Por medio del diagnóstico de la estrategia actual y recopilación de la información del tipo de fallas se podrá realizar el rediseño y formulación de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga.

Esta investigación está dirigida al personal y todo agente interno como accionistas o propietarios de la compañía de snack que se encuentra ubicada en el sector Montevideo en la ciudad de Bogotá, desde la investigación cuantitativa ya que se toman datos históricos, resultados, paradas técnicas, notas e indicadores de gestión toda esta información recolectada, suministrada por la empresa en su entorno y del día a día.

6.1.2 Fuentes de Obtención de la Información

Fuentes de obtención de la información primaria: para la obtención de la información primaria se obtuvo por medio del datasheet de la máquina, taxonomía del equipo, diagrama de flujo del proceso y resultados de productividad.

Fuentes de obtención de la información secundaria: para la obtención de la información secundaria se obtuvo a través de Tesis, artículos científicos, documentos y revistas.

6.1.3 Herramientas

- ARC Análisis de Causa Raíz (diagrama Ishikawa y cinco ¿por qué?)
- NPR
- RCM
- Diagrama de flujo

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del objetivo No 1 “Elaborar el diagnóstico de la estrategia actual de mantenimiento para la bomba centrífuga” se aplicará el monitoreo y análisis de la bomba centrífuga mediante la herramienta del diagrama de flujo principalmente en el proceso de la máquina junto con el análisis de causas raíz para poder visualizar grosso modo las posibles anomalías, obteniendo así un punto de partida para el diagnóstico de la estrategia de mantenimiento actual.

Para el desarrollo del objetivo No 2 “Analizar la metodología de mantenimiento del equipo durante un periodo de 6 meses, con el fin de identificar el procedimiento más óptimo ante las posibles fallas” se realizará para verificar y buscar la información del tipo de fallas en el equipo durante un periodo de 6 meses a través del historial u hoja de vida de la máquina, en donde se entrará a implementar el (RCM) en concordancia al obtener toda la información posible de la hoja de vida e historial del equipo, permitiendo así ejecutar este mantenimiento centrado en confiabilidad mediante estadísticas y factores a corregir de los incidentes presentados en la máquina freidora de papas, ante ello también se emplea el análisis de causa raíz para despejar a través del (diagrama Ishikawa y cinco ¿por qué?) a detalle las anomalías presentadas o recurrentes en la máquina, para que de este modo se puedan definir los parámetros del rediseño de la estrategia de mantenimiento.

Para el desarrollo del objetivo No 3. “Formular la estrategia de mantenimiento más adecuada para aumentar la vida útil del equipo” se aplicará por medio del diagnóstico de la estrategia actual y recopilación de la información del tipo de fallas obtenidas como resultado del RCM, se lograra definir las conclusiones y comparaciones frente a la estrategia anterior con su plan de acción, luego de ello se obtiene el nuevo diagnóstico del

contenido con el que se podrá realizar el rediseño y formulación de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga.

6.1.5 *Información Recopilada*

El CMMS del área permite obtener un informe para observar las fallas ocurridas en el equipo durante un periodo de un año, comprendido desde enero del año 2020 hasta diciembre del mismo año.

Figura 7

Resultado de Fallas Bomba Principal de Aceite (Cornell)

# Aviso	# OT	Cod. MastEq.	Maestro	Código	Descripción	Ubicación Fisi	Actividad SAP	Area	> 1 H	Tiempo	Hora Inicio	Hora Fin	Problema	Codificación
-	20151089	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	DISPARO DE BREAKER BOMBA PRINCIPAL	Proceso	N/A	20	0	0	0	0
-	2016	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	FALLA EN LA BOMBA PRINCIPAL	Proceso	N/A	30	0	0	0	0
11107739	40540978	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	FUGA DE ACEITE EN BOMBA PRINCIPAL	Proceso	RCA	420	03:00:00	10:00:00	Fugas / No Sellado	Parada de Línea
11108752	40586984	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	FALLA BOMBA PRINCIPAL	Proceso	RCA	240	06:00:00	00:00:00	Fugas / No Sellado	Parada de Línea
11270597	40674942	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	AVERIA BOMBA DE ACEITE	Proceso	RCA	210	20:00:00	23:30:00	Fugas / No Sellado	Parada de Línea
11800835	41190390	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LINEA 2, Pap	fuga de aceite y gpm por debajo del SP	Proceso	N/A	420	10:17:33	00:00:00	Fallo de Flujo Del Producto	Parada de Línea
11801015	41190570	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 02	LINEA 2, Pap	FALLA ACOUPLE	Proceso	N/A	40	8:00:20	08:40:01		Parada de Línea
11801605	41191160	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 03	LINEA 2, Pap	FALLA DE CAPACIDAD DE LA BOMBA	Proceso	RCA	80	02:00:40	03:20:01		Parada de Línea
11801905	41191460	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 04	LINEA 2, Pap	RUIDO EXTRAÑO EN BOMBA PRINCIPAL	Proceso	N/A	45	23:35:15	00:20:15		0
11801985	41191540	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 05	LINEA 2, Pap	SOBRETENPERATURA EN BOMBA	Proceso	N/A	30	17:20:12	17:50:09		0
11802010	41191565	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 09	LINEA 2, Pap	FALLA EN RODAMIENTOS BOMBA	Proceso	RCA	470	03:07:23	11:08:12		Parada de Línea
11802721	41192276	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 10	LINEA 2, Pap	FUGA DE ACEITE	Proceso	RCA	120	22:49:19	00:48:54		Parada de Línea
11803891	41193446	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 11	LINEA 2, Pap	DAÑO DEL SELLO MECANICO	Proceso	RCA	320	10:09:23	13:49:43		Parada de Línea
11804736	41194291	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 12	LINEA 2, Pap	CAMBIO DE ACOUPLE TIPO ESTRELLA	Proceso	N/A	40	21:11:27	21:55:09		0
11819528	41209083	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 13	LINEA 2, Pap	FALLA DE PRESIÓN EN BOMBA	Proceso	RCA	280	04:49:11	09:20:11		Parada de Línea
11826958	41216513	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 14	LINEA 2, Pap	CAVITACIÓN EN SISTEMA DE BOMBEO	Proceso	RCA	70	21:37:09	22:48:01		Parada de Línea
11836833	41226388	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 16	LINEA 2, Pap	FALLA EN CUÑERO EJE BOMBA PRINCIPAL	Proceso	RCA	410	19:01:03	02:03:12		Parada de Línea
11850290	41239845	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 17	LINEA 2, Pap	CORRECCIÓN DE FUGA DE ACEITE	Proceso	N/A	35	10:55:43	11:30:17		0
11890162	41349717	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 18	LINEA 2, Pap	FALTA DE ACEITE LUBRICANTE DE BOMBA	Proceso	N/A	40	06:10:03	06:50:49		0
12148052	41507607	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 19	LINEA 2, Pap	DAÑO EN IMPULSOR BOMBA PRINCIPAL	Proceso	RCA	590	07:03:01	16:54:29		Parada de Línea
12229405	41510037	10152468	FREIDOR 01	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 20	LINEA 2, Pap	FUGA DE ACEITE POR VOLUTA BOMBA	Proceso	RCA	480	15:35:09	23:36:20		Parada de Línea

Nota. La Figura 7 permite visualizar a detalle las intervenciones correctivas realizadas por el equipo de mantenimiento, así como el tiempo de intervención y el impacto frente a la línea de producción, obteniendo una estadística en el tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo necesario para estas labores correctivas (MTTR). de empresa de snack Bogotá, 2021.

Tabla 1**Taxonomía del Equipo Dentro de la Compañía.**

Planta	Sección	Equipo	Subequipo	Ítem mantenible	Componentes
					Retenedor 2-172" x 3-3/4" x 7/16"
					Rodamiento de bola 6313 2-z c3
				Bomba cornell 4hh-f16k	Sello mecánico jhon crane 2-1/2"
Montevideo	Línea	Freidor	Bomba		Eje bomba cornell ext 76mm x740mm
	papa 2	pc21	recirculación		Acople omega e-30
			de aceite	Motor abb 75 hp-1780	Rodamiento 6212-2z-c3
				rpm-220vac	Rodamiento de bola 6313-2z-c3

Nota. La taxonomía de la bomba centrífuga de recirculación de aceite brinda información sobre la jerarquización del equipo dentro de la compañía, permitiendo observar la ubicación y piezas clave, como los son sus repuestos del equipo central de estudio, identificando mediante el sistema el factor de falencia o pérdida de calidad del equipo, y utilizar estos valiosos datos recopilados para entrar a emplearlos en el diagrama de Ishikawa y la hoja de información del RCM dentro de los ítems mantenibles, fuente rediseño de la estrategia para el mantenimiento en la bomba centrífuga recirculadora de aceite en una máquina freidora de papas, 2021

Figura 8*Actividades de Mantenimiento de la Bomba Cornell*

Numero OT	Equipo	Descripción	Descripción	T. Mantto	Ubicación	Fecha Generación	F. Programada	Fecha Inicio	Fecha Fin
20151603	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	VERIFICAR Y LIMPIAR MOTORES	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/03/07-16:06	7/3/2015	2012/03/09-06:00	2012/03/09-14:00
20151719	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REVISION Y AJUSTE DEL ELASTOMERO BOMBA L2	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/03/12-12:37	12/3/2015	2012/03/11-07:00	2012/03/11-14:00
20162274	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE CORREAS BOMBA PELT	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/04/09-20:51	9/4/2016	2012/04/09-17:00	2012/04/09-18:00
20161615	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	GOTERA EN LA BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/03/07-17:31	7/3/2016	2012/05/16-08:00	2012/05/16-08:30
20164705	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	VERIFICAR Y LIMPIAR BOMBA PRINCIPAL FREIDOR DE ACE	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/08/02-08:11	2/8/2016	2012/08/02-06:00	2012/08/02-14:00
20166090	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	VERIFICAR Y LIMPIAR BOMBA PRINCIPAL	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/10/04-11:31	4/10/2016	2012/10/05-06:00	2012/10/05-14:00
20166364	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MOTOR BOMBA DE ACEITE DAÑADO	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/10/19-04:05	19/10/2016	2012/10/19-02:30	2012/10/19-04:30
20166363	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MOTOR BOMBA LLANADO DE ACEITE	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/10/19-03:59	19/10/2016	2012/10/18-23:00	2012/10/19-00:00
20167135	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	INSTALACION DE TAPON BANDEJA	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/11/25-12:46	25/11/2016	2012/11/25-13:00	2012/11/25-14:30
39306	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	COLOCAR GUARDA EN INOXIDABLE A ACOPLE DE BOMBA	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/10/02-10:46	2/10/2016	2012/11/01-11:00	2013/02/25-10:00
20125579	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	SELLO MECANICO	PRVM	LINEA 2, PAPA	2012/09/11-17:57	11/9/2016	2013/02/27-17:00	2013/02/27-17:00
20131143	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE SELLO MECANICO BOMBA PRINCIPAL L2	PRVM	LINEA 2, PAPA	2013/02/28-11:22	28/2/2018	2013/03/17-06:00	2013/03/17-17:00
41645	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE REGISTRO DA LA BOMBA AUXLIAR PARA TRAI	PRVM	LINEA 2, PAPA	2013/04/12-05:57	12/4/2018	2013/08/20-06:00	2013/08/20-14:00
43600	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	FUGA DE ACEITE EN BOMBA PRINCIPAL DEL FREIDOR	PRVM	LINEA 2, PAPA	2013/08/05-17:54	5/8/2018	2013/10/16-10:00	2013/10/16-10:20
2014204	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REVISION Y LIMPIEZA AL SELLO MECANICO	PRVM	LINEA 2, PAPA	2014/01/06-11:07	6/1/2019	2014/01/06-06:00	2014/01/06-10:00
44871	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	INSPECCIÓN A LOS DUCTOS Y CAVIDADES DEL SISTEMA D	PRVM	LINEA 2, PAPA	2013/11/28-10:59	28/11/2018	2014/01/11-02:00	2014/01/11-06:00
45526	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	PISO DEBAJO DE LAS BOMBAS DE ACEITE LEVANTADO.	PRVM	LINEA 2, PAPA	2014/02/10-09:18	10/2/2019	2014/02/15-20:00	2014/02/17-14:00
20141732	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE RODAMIENTOS BOMBA PRINCIPAL	PRVM	LINEA 2, PAPA	2014/04/03-23:30	3/4/2019	2014/04/03-08:00	2014/04/03-17:30
50416	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	TUBO EN CIMA DE BOMBA DE ACEITE AMARRADO CON A	PRVM	LINEA 2, PAPA	2014/12/18-16:15	18/12/2019	2015/01/29-02:00	2015/01/29-02:20
2015721	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	SOLDAR TORNILLO EN TUBERIA DE FREIDOR L2	PRVM	LINEA 2, PAPA	2015/01/31-11:00	31/1/2019	2015/02/01-07:00	2015/02/01-09:00
54096	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	(CRITICIDAD:BAJA 40-60 DIAS)FUGA ACEITE EN BOMBA P	PRVM	LINEA 2, PAPA	2015/07/14-10:35	14/7/2020	2015/11/27-07:00	2015/11/27-08:00

Numero OT	Equipo	Descripción	Descripción	T. Manto	Ubicación	Fecha Generación	F. Programada	Fecha Inicio	Fecha Fin
20167599	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO RODAMIENTOS MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR	PRVM	LINEA 2, PAPA	2016/09/30-17:11	30/9/2018	2016/08/19-10:00	2016/08/19-17:00
58457	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	FUGA DE ACEITE EN AREA DE BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE	PRVM	LINEA 2, PAPA	2016/03/15-16:38	15/3/2016	2016/09/03-07:00	2016/09/03-11:00
201610413	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIAR SISTEMA DE BASES REPLICANDO	PRVM	LINEA 2, PAPA	30/11/2016	30/11/2016	30/11/2016	1/10/2016
40502554	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	VERIFICACION IMPELLER	PRVM	LINEA 2, PAPA	9/11/2016	23/11/2016	23/11/2016	23/11/2016
40724599	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	RCA AVERIA BOMBA DE ACEITE	PRVM	LINEA 2, PAPA	22/2/2017	22/2/2017	22/2/2017	5/3/2017
40616950	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	FUGA DE ACEITE BOMBA PRINCIPAL	PRVM	LINEA 2, PAPA	2/1/2017	20/1/2017	20/1/2017	25/2/2017
40692966	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	VERIFICAR ALINEACION DE EJES Y ACOPLER	PRVM	LINEA 2, PAPA	1/3/2017	28/2/2017	28/2/2017	5/3/2017
40710868	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Elaboración de instructivo de ma	PRVM	LINEA 2, PAPA	15/5/2017	15/2/2017	15/2/2017	15/5/2017
41111919	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO RODAMIENTO A MOTOR BOMBA PRINCIPAL	PRVM	LINEA 2, PAPA	9/5/2017	23/5/2017	23/5/2017	9/5/2017
40660427	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE IMPELLER BOMBA ACEITE	PRVM	LINEA 2, PAPA	2/5/2017	30/6/2017	30/6/2017	2/5/2017
40710869	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Modificación de estacionaria de	PRVM	LINEA 2, Papa	15/7/2017	15/7/2017	15/7/2017	15/7/2017
41212668	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REPARACION DE SELLO MECANICO DE 2 1/2"	PRVM	LINEA 2, Papa	1/8/2017	1/8/2017	1/8/2017	1/7/2017
41255907	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Realizar actividad revisión de	PRVM	LINEA 2, Papa	13/8/2017	30/8/2017	30/8/2017	30/8/2017
41361956	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Solicitar reparación de motor 75	PRVM	LINEA 2, Papa	27/9/2017	30/9/2017	27/9/2017	27/9/2017
41361953	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Monitoreo constante con respecto	PRVM	LINEA 2, Papa	15/9/2017	15/9/2017	15/9/2017	15/9/2017
41240145	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	INSTALACION DE TUBERIA PARA LUBRICACION	PRVM	LINEA 2, Papa	1/9/2017	30/9/2017	1/9/2017	1/9/2017
41453551	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO DE RODAMIENTOS	PRVM	LINEA 2, Papa	8/10/2017	8/10/2017	8/10/2017	8/10/2017
41365801	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM Dar seguimiento a flujometro, te	PRVM	LINEA 2, Papa	10/11/2017	10/11/2017	10/11/2017	10/11/2017
41765531	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO ROD/RETENEDOR & RECTIFICADO EJE	PRVM	LINEA 2, Papa	14/2/2018	14/2/2018	14/2/2018	15/2/2018
41622111	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	SEGUIMIENTO VIBRO PEN CORREGIR GUGA ACEITE	PRVM	LINEA 2, Papa	2/2/2018	2/1/2018	2/2/2018	2/2/2018
41622110	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	SEGUIMIENTO VIBRO PEN MEDIR PUESTA TIERRA	PRVM	LINEA 2, Papa	14/3/2018	15/3/2018	14/3/2018	14/3/2018

Numero OT	Equipo	Descripción	Descripción	T. Mantto	Ubicación	Fecha Generación	F. Programada	Fecha Inicio	Fecha Fin
41769823	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MECANIZADO DE EJE EN ACERO 4140 BOMBA P.	PRVM	LINEA 2, Papa	10/3/2018	30/3/2018	10/3/2018	10/3/2018
41878087	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	DESMONTE DE MOTOR BOMBA L 2 Y L3.	PRVM	LINEA 2, Papa	1/4/2018	5/4/2018	1/4/2018	5/4/2018
41935642	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	INSTALACION NIVELADOR DE ACEITE BOMBA	PRVM	LINEA 2, Papa	25/5/2018	31/5/2018	25/5/2018	25/5/2018
41924386	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM ELABORAR ESTANDAR MTTO SIS ELECT	PRVM	LINEA 2, Papa	19/5/2018	15/5/2018	19/5/2018	19/5/2018
41924388	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	CONTRAM PROGRAMAR EN SAP VERIF SIS ELECT	PRVM	LINEA 2, Papa	30/8/2018	30/5/2018	30/8/2018	30/8/2018
41770116	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REPARACION DE EJE BOMBA PRINCIPAL .	PRVM	LINEA 2, Papa	30/9/2018	30/9/2018	30/9/2018	30/9/2018
42648383	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REPARACION DE SELLO MECANICO JHON CRANE	PRVM	LINEA 2, Papa	29/4/2019	27/4/2019	27/4/2019	4/5/2019
43318456	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MECANIZADO DE SOPORTES PARA ESTACIONARIA	PRVM	LINEA 2, Papa	10/2/2020	18/2/2020	10/2/2020	10/2/2020
43424555	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	cambio de rodamiento	PRVM	LINEA 2, Papa	5/2/2020	5/2/2020	5/2/2020	5/2/2020
43318071	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MECANIZADO DE EJE EN ACERO BONIFICADO	PRVM	LINEA 2, Papa	4/2/2020	20/2/2020	4/2/2020	4/2/2020
43413900	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	INSTALACION DE RACORES Y ADAPTADORES	PRVM	LINEA 2, Papa	10/4/2020	29/4/2020	10/4/2020	10/4/2020
43399646	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REPARACION DE SELLO MECANICO JHON CRANE	PRVM	LINEA 2, Papa	2/4/2020	23/4/2020	2/4/2020	2/4/2020
43607127	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO MOTOVENTILADOR COMBUSTION BACKUP	PRVM	LINEA 2, Papa	2/5/2020	27/4/2020	2/5/2020	2/5/2020
44315810	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	REPARACION DE SELLOS MECANICOS DE 2 1/2"	PRVM	LINEA 2, Papa	10/4/2021	20/4/2021	10/4/2021	10/4/2021
44383969	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	27/3/2021	26/3/2021	27/3/2021	27/3/2021
44051295	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	22/11/2020	3/11/2020	22/11/2020	22/11/2020
44001228	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MT GENERAL BOMBA ACEITE FREIDOR	PRV	LINEA 2, Papa	8/10/2020	1/10/2020	8/10/2020	8/10/2020
43603973	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	1/7/2020	28/6/2020	1/7/2020	1/7/2020
43328103	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	12/1/2020	28/1/2020	12/1/2020	12/1/2020
43342135	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	mantenimiento general bomba	PRV	LINEA 2, Papa	2/1/2020	2/1/2020	2/1/2020	2/1/2020
43261095	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO MANOMETRO SALIDA TUBERIA BOMBA	PRV	LINEA 2, Papa	22/11/2019	23/11/2019	22/11/2019	22/11/2019

Numero OT	Equipo	Descripción	Descripción	T. Mantto	Ubicación	Fecha Generación	F. Programada	Fecha Inicio	Fecha Fin
43078774	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MT GENERAL BOMBA ACEITE FREIDOR	PRV	LINEA 2, Papa	15/10/2019	1/10/2019	15/10/2019	15/10/2019
43054544	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	24/9/2019	28/9/2019	1/10/2019	1/10/2019
42775822	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	25/5/2019	28/5/2019	25/5/2019	25/5/2019
42486398	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	28/1/2019	28/1/2019	28/1/2019	28/1/2019
42234751	12966330	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MT GENERAL BOMBA ACEITE FREIDOR	PRV	LINEA 2, Papa	1/10/2018	1/10/2018	1/10/2018	1/10/2018
42023733	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	9/9/2018	15/7/2018	9/9/2018	9/9/2018
41787121	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	LIMPIEZA TUBO LUBRICANTRE SELLO MECANICO	PRV	LINEA 2, Papa	14/3/2018	1/4/2018	14/3/2018	14/3/2018
41475910	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MT GENERAL BOMBA ACEITE FREIDOR	PRV	LINEA 2, Papa	9/11/2017	9/11/2017	9/11/2017	9/11/2017
20169696	10153272	MOTOR BOMBA ACEITE FREIDOR 01	MEDIR VOLTAJ/CORRIENTEMOTOR BOMBA ACEITE FREID	PRV	LINEA 2, PAPA	1/10/2016	1/10/2016	1/10/2016	1/10/2016
20171510	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	MANTENIMIENTO MECANICO BOMBA PRINCIPLA ACEIT	PRV	LINEA 2, PAPA	2015/03/01-00:00	1/3/2017	2017/03/17-14:00	2017/03/17-22:00
20164430	10151419	BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE FREIDOR 01	CAMBIO RODAMIENTOS MOTOR	PRV	LINEA 2, PAPA	2014/09/01-00:00	1/9/2016	2016/10/08-22:00	2016/10/09-04:40

Nota. Labores de mantenimiento realizadas con fechas de generación y programación de mantenimientos junto con sus tiempos empleados desde el año 2012 al año 2021. Fuente empresa de snack Bogotá, 2021

6.2 Análisis de la Información.

Tabla 2

Análisis de Metodología de Mantenimiento Actual

Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas
No generar movimiento rotacional continuo	Colapso	Falla de rodamientos	Ruido interno de la bomba no entregando caudal requerido, ni realizando circulación del aceite, paro de producción, intervención de 4hr	Falta de lubricación	Rutina de lubricación e inspección
		Daño sistema de transmisión mecánico acople omega E30		Desalineación	Análisis de vibraciones
Generar movimiento rotacional pero fuera de parámetros	Vibración	Movimiento anormal del motor generando vibración excesiva	Intervención programada de mantenimiento, intervención de 1hr	Desalineación	Análisis de vibraciones
			Intervención programada de	Soltura mecánica	Análisis de vibraciones
				Daño de elementos rodantes	Análisis de vibraciones

Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas
normales de trabajo	Ruido	Sonido audible mayor del funcionamiento normal	mantenimiento, intervención de 1hr	Soltura en anclaje de la ventaviola	Rutina de inspección
Temperatura elevada en motor eléctrico	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros de operación (47°C)	Actividad programada en el mantenimiento para inspección, medición de consumo de corriente y análisis de daños, intervención de 6hr de requerirse cambio de motor	Bajo aislamiento de las bobinas	Verificación de consumo de corriente y pruebas de aislamiento.
				Daño en ventaviola	Rutina de inspección
No se proporciona potencia para el arranque del motor eléctrico	No arranca al momento de encender	Pérdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque	No hay circulación del aceite, paro de producción y de maquinaria para intervención inmediata, intervención de 4hr promedio	Daño bobinado	Verificación de consumo de corriente y pruebas de aislamiento.
				Daño de panel touch	Corre a falla
				PLC Detenido	Corre a falla
				Falla de comunicación con PLC	Verificación de los puertos y cableado de comunicación
				Falla de entrada o salida del PLC	Ajuste de conexiones y limpieza de componentes
				Falla en variador de frecuencia	Corre a falla
Daño guardamotor principal	Análisis termográfico				

Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas
				Alimentación abierta	Análisis termográfico
				Motor en corto por humedad	Corre a falla
No se transmite movimiento rotacional a la manzana del acople omega	Otros	Desgaste del cuñero, Desgaste de eje	Paro de equipo y producción para intervención inmediata por parte de mantenimiento	Tornillos de ajuste de cuñero sueltos.	Análisis de vibraciones
No se presenta bombeo del aceite vegetal		Falla de rodamientos	No hay circulación del aceite, paro de producción, intervención de 6hr	Falta de lubricación	Rutina de lubricación e inspección
	Colapso	Rotura de impeller	promedio (se considera el tiempo de enfriamiento)	Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Análisis de vibraciones (estadística de la vibración)
Bombeo de aceite, pero con movimiento anormales en estructura o		Movimiento anormal de la bomba generando vibración excesiva	Intervención programada de mantenimiento, intervención de 1,5hr	Impulsor desbalanceado perdida de dimensiones	Análisis de vibraciones
	Vibración			Desalineación	Análisis de vibraciones
				Soltura mecánica	Análisis de vibraciones
				Cavitación	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal.

Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	
componentes del equipo						
Se presenta fugas de líquidos al exterior, ocasionando pérdidas de aceite en el proceso o daños internos por pérdida de lubricantes	Fuga externa - medio de procesamiento	Fuga de aceite bombeado por el sello mecánico o la voluta	Asociado a seguridad de personal, se debe detener el equipo ocasionando paro de producción, intervención 6hr (se considera el tiempo de enfriamiento)	Desgaste del sello mecánico por bloqueo del resorte con ripo del producto.	Verificación de ausencia de fugas (limpieza del tubin del resorte)	
				Pernos de sujeción de la voluta sueltos.	Verificación de torsión ante holgura	
				Desgaste del empaque de la voluta.	Verificación de ausencia de fugas	
	Daño en tubería de succión o descarga	Análisis de espesores				
	Fuga externa – medio de servicio	Fuga de lubricante del bloque			Exceso de lubricante	Verificación de niveles de aceite
					Deterioro de los retenedores	Verificación de ausencia de fugas
No se proporciona la presión, ni caudal de trabajo requerida	Baja energía de salida	Valor de presión por debajo de 60 +/- 5 psi	Temperatura de trabajo no es la adecuada y en el proceso la disminución es constante permitiendo que la papa salga cruda	Daño de válvula tipo cortina succión de aceite	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal (apertura y cierre de la válvula)	
				Válvula de succión cerrada	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal (apertura y cierre de la válvula)	

Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas
		Caudal por debajo de 800 GPM +/-5		Daño sensor de flujo	Verificación y análisis de sensores
				Impeller desgastado.	Verificación de caudal y presión
No proporciona presión o flujo estable	Energía de salida errática	Presión/flujo es inestable	Los estándares de calidad no cumplen y la capacidad del proceso disminuye considerablemente	Cavitación	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal.
				Nivel de aceite inadecuado	Verificación de niveles de aceite

Nota. Se establece en la Tabla 2 el análisis de la metodología actual, mediante la cual se describen principalmente las fallas funcionales que puede tener el equipo durante su operación, agrupando datos similares por medio de los modos de falla, describiendo la falla, como se puede observar esta falla durante la operación del equipo (efecto de falla) y la manera en que se ocasiona esta (mecanismo de falla), logrando enlistar actividades para evidenciar el deterioro del equipo durante su trabajo continuo, percibiendo todos los factores que influyen en la bomba centrífuga de recirculación de aceite, información que posteriormente reposara en el RCM como datos básicos para la construcción del mismo. *Fuente rediseño de la estrategia para el mantenimiento en la bomba centrífuga recirculadora de aceite en una máquina freidora de papas, 2021.*

Tabla 3

Diagnóstico de Mantenimiento de la Bomba Centrífuga de Recirculación de Aceite

Diagnóstico de Bomba Centrífuga de Recirculación de Aceite Previo al Rediseño		
Fallas de la Bomba Centrífuga	Actividades de Mantenimiento	Factores Adicionales para el Estudio
<p>Se visualiza con referencia en la Tabla 1. “Resultado de fallas bomba principal de aceite (Cornell)” que el principal fallo con concurrencia son las fugas de aceite y el que más entra a emplear tiempo de mantenimiento, seguido del daño de impulsor de la bomba principal, fallas en rodamientos de la bomba y fallas en cuñero, en donde estos incidentes son los principales mientras que los otros fallos no son tan constantes y requieren de menor tiempo de labor de mantenibilidad.</p>	<p>En la <i>Tabla 3. “Actividades de mantenimiento de la bomba Cornell”</i> se observa que para el periodo comprendido de los 6 meses se encuentran los dos fallos primordiales que son reparación de sellos mecánicos y limpieza de tubo lubricante de sello mecánico. Ante los pocos fallos ocasionados en este periodo semestral se decide realizar la estadística de los fallos en lo comprendido al año 2020 y lo corrido del presente año, dando como resultado que las labores de mantenimiento principalmente o más concurrente son 4 las cuales se describirán a continuación en su orden de mayor a menor ocurrencia: limpieza de tubo lubricante sello mecánico, reparación de sello mecánico, Mantenimiento general y por ultimo mecanizado de partes.</p>	<p>El proceso se cuenta con tres líneas de producción y para ello en cada línea se tiene una bomba centrífuga, en donde solo se cuentan con estas tres bombas centrífugas en la organización ante ello no se cuenta con un equipo Backup o de repuesto frente alguna falla o incidente.</p> <p>La capacitación de los colaboradores es sumamente importante ya que se debe priorizar en el uso y mantenibilidad del equipo.</p> <p>La actualización de las herramientas de medición se encuentra obsoleta en un 20%, no en un estado crítico pero si un poco desfasado frente a la vanguardia tecnológica.</p>

Nota. Esta tabla describe el diagnostico actual previo al rediseño de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga de recirculación de aceite con la información suministrada de la Figura 7. “Resultado de fallas bomba principal de aceite (Cornell)” y Figura 8 “Actividades de mantenimiento de la bomba Cornell” en donde se muestra su situación general definiendo como punto de partida la mitigación de anomalías y establecer estrategias de acción en la solución del problema de investigación con la creación del rediseño de la estrategia de mantenimiento, tomando esta información como primer punto el causal del uso en el

diagrama de Ishikawa junto con la hoja de información del RCM para posteriormente entrar a la toma de decisiones. Fuente rediseño de la estrategia para el mantenimiento en la bomba centrífuga recirculadora de aceite en una máquina freidora de papas, 2021.

Tabla 4

Evaluación de los Modos de Falla Mediante el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
Motor	Dar una velocidad > 1246 RPM "referente al 70% de trabajo" hasta 1780 RPM para funcionamiento en operación (sujeto a la capacidad de la línea).	No generar movimiento rotacional continuo	Colapso	Falla de rodamientos	Ruido interno de la bomba no entregando caudal requerido, ni realizando circulación del aceite, paro de producción, intervención de 4hr	Falta de lubricación	Rutina de lubricación e inspección	3	3	3	27
						Desalineación	Análisis de vibraciones	5	1	5	25

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
				Daño sistema de transmisión mecánico acople omega E30		Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Análisis de vibraciones	1	5	5	25
		Generar movimiento rotacional pero fuera de parámetros normales de trabajo	Vibración	Movimiento anormal del motor generando vibración excesiva	Intervención programada de mantenimiento, intervención de 1hr	Desalineación	Análisis de vibraciones	5	1	5	25
	Soltura mecánica					Análisis de vibraciones	1	5	2	10	
	Ruido		Sonido audible mayor del funcionamiento normal	Intervención programada de mantenimiento, intervención de 1hr	Daño de elementos rodantes	Análisis de vibraciones	1	5	5	25	
					Soltura en anclaje de la ventaviola	Rutina de inspección	1	1	5	5	
	Temperatura elevada	Sobrecalentamiento	Temperatura por encima de parámetros	Actividad programada en el mantenimiento	Bajo aislamiento de las bobinas	Verificación de consumo de	3	5	5	75	

Item Mantenable	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
		en motor eléctrico		de operación (47°C)	to para inspección, medición de consumo de corriente y análisis de daños, intervención de 6hr de requerirse cambio de motor		corriente y pruebas de aislamiento.				
						Daño en ventaviola	Rutina de inspección	1	5	8	40
		No se proporciona potencia para el arranque del motor eléctrico	No arranca al momento de encender	Perdida de movimiento en el momento de dar señal de arranque	No hay circulación del aceite, paro de producción y de maquinaria para intervención inmediata, intervención de 4hr promedio	Daño bobinado	Verificación de consumo de corriente y pruebas de aislamiento.	1	5	5	25
						Daño de panel touch	Corre a falla	1	8	4	32
						PLC Detenido	Corre a falla	1	5	6	30
						Falla de comunicac	Verificación de los	1	3	5	15

Item Mantenable	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
						ción con PLC	puertos y cableado de comunicación				
						Falla de entrada o salida del PLC	Ajuste de conexiones y limpieza de componentes	1	1	5	5
						Falla en variador de frecuencia	Corre a falla	1	8	3	24
						Daño guardamotor principal	Análisis termográfico	1	3	4	12
						Alimentación abierta	Análisis termográfico	1	5	6	30
						Motor en corto por humedad	Corre a falla	5	8	3	120

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurriencia	Severidad	Detección	NPR
		No se transmite movimiento rotacional a la manzana del acople omega	Otros	Desgaste del cuñero, Desgaste de eje	Paro de equipo y producción para intervención inmediata por parte de mantenimiento	Tornillos de ajuste de cuñero sueltos.	Análisis de vibraciones	5	3	2	30
Bomba Cornell Ref	Bomba	No se presenta bombeo	Colapso	Falla de rodamientos	No hay circulación del aceite, paro de	Falta de lubricación	Rutina de lubricación e inspección	3	3	3	27

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurriencia	Severidad	Detección	NPR
4hh-F16k	Generar la recirculación del aceite de oleína con un caudal > 560 GPM "referente al 70% de trabajo" hasta 800 GPM "galones por minuto" (sujeto a la capacidad de la línea).	del aceite vegetal			producción, intervención de 6hr promedio (se considera el tiempo de enfriamiento)	Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Análisis de vibraciones (estadística de la vibración)	1	5	5	25
		Bombeo de aceite, pero con movimiento anormal en estructura o componente	Vibración	Movimiento anormal de la bomba generando vibración excesiva	Intervención programada de mantenimiento, intervención de 1,5hr	Impulsor desbalanceado pérdida de dimensiones	Análisis de vibraciones	5	1	5	25
						Desalineación	Análisis de vibraciones	5	1	5	25

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
		antes del equipo				Soltura mecánica	Análisis de vibraciones	1	5	2	10
						Cavitación	Inspección de válvulas a través de presión y su caudal.	3	5	4	60
		Se presenta fugas de líquidos al exterior, ocasionando pérdidas de aceite en el proceso o daños internos por pérdida de	Fuga externa - medio de procesamiento	Fuga de aceite bombeado por el sello mecánico o la voluta	Asociado a seguridad de personal, se debe detener el equipo ocasionando paro de producción, intervención 6hr (se considera el tiempo de enfriamiento)	Desgaste del sello mecánico por bloqueo del resorte con ripo del producto.	Verificación de ausencia de fugas (limpieza del tubin del resorte)	3	8	5	120
						Daño en tubería de succión o descarga	Análisis de espesores	3	8	5	120
						Desgaste del empaque	Verificación de ausencia de fugas	5	5	2	50

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
		lubricantes				de la voluta.					
						Pernos de sujeción de la voluta sueltos.	Verificación de torsión ante holgura	3	1	2	6
			Fuga externa – medio de servicio	fuga de lubricante del bloque		Exceso de lubricante	Verificación de niveles de aceite	5	5	3	75
						Deterioro de los retenedores	Verificación de ausencia de fugas	3	8	2	48
		No se proporciona la presión, ni caudal de trabajo requerida	Baja energía de salida	Valor de presión por debajo de 60 +/- 5 psi	Temperatura de trabajo no es la adecuada y en el proceso la disminución es constante permitiendo que la papa salga cruda	Daño de válvula tipo cortina succión de aceite	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal (apertura y cierre de la válvula)	1	5	3	15
						Válvula de	Inspección de	3	8	3	72

Item Mantenible	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción de la Falla	Efectos de Falla	Mecanismo de Falla	Método de Detección de Fallas	Ocurrancia	Severidad	Detección	NPR
						succión cerrada	válvulas a través de supresión y su caudal (apertura y cierre de la válvula)				
				Caudal por debajo de 800 GPM +/-5		Daño sensor de flujo	Verificación y análisis de sensores	3	3	4	36
						Impeller desgastado.	Verificación de caudal y presión	3	10	5	150
		No proporciona presión o flujo estable	Energía de salida errática	Presión/flujo es inestable	Los estándares de calidad no cumplen y la capacidad del proceso disminuye considerablemente	Cavitación	Inspección de válvulas a través de supresión y su caudal.	3	5	3	45
						Nivel de aceite inadecuado	Verificación de niveles de aceite de oleína	1	5	3	15

Nota. En esta tabla se recopila la información descrita en el análisis de la metodología actual y se evalúa cada uno de los modos de falla asignando el grado en el que se encuentre respecto a tres criterios como lo son la ocurrencia, severidad y detección, permitiendo obtener el número de prioridad de riesgo, el cual identifica los ítems críticos y determina la prioridad con la que deben atacarse cada uno de estos modos de falla.

Tabla 5

Estrategia a Falla de Equipo Evaluado Desde el Mecanismo de Falla.

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Descripción de la tarea correctiva	Estrategia a Falla								
				Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
Unidad Recirculación De Aceite	Motor	Falta de lubricación	Desergenzación del motor	3 horas	1/2 hora	1 Técnico	Técnico electricista = 1/2 hora	N/A	N/A	Rodamientos (63132 z/c3 y 62132z/c3)	53,000 - 47,000 31,000	N/A
		Desalineación	Candaeo lotosete Des anclaje del motor eléctrico Soltura de acople mecánico			1 electricista 1 Operador 2 técnicos	Operador = 1-1/2 hora Técnico mecánico = 3			Paños de limpieza		

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla											
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)		
		Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Limpieza general Retiro de tapas, caperuza, ventaviola y rodamientos averiados Inspección de housings, bobinado Verificación de aislamiento y estado del eje Instalación de rodamientos nuevos			mecánicos	horas cada uno							

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Armado, montaje y alineación con la bomba									
		Desalineación	Según los espectros encontrados	2 horas	1/2 hora	1 técnico mecánico	1. 1/2 horas	1 especialista en análisis de vibraciones	\$ 300.000,00	N/A	N/A	N/A
		Soltura mecánica	o recomendaciones escritas, realizar ajustes			1 Especialista en vibraciones	1 hora					
		Daño de elementos rodantes	Realizar monitoreo de vibraciones y verificación									
		Soltura en anclaje de la ventaviola				1 Técnico	1 hora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempos muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	Estrategia a Falla					Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
							(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	
		Daño de panel touch	Realizar cambio de componentes de control y/o comunicación	1 hora	1/4 hora	1 Técnico Eléctrico	1 hora	Programador	\$ 320.000,00	Panel view 1000 plus Allen bradley	\$ 5'000.00,00	N/A
		PLC Detenido								PLC Allen bradley 1769	\$ 7'200.00,00	
		Falla de comunicación con PLC								Cable de comunicación	\$ 27.000,00	
		Falla de entrada o salida del PLC								Modulo 1769	\$ 92.000,00	

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla								Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)	
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva		Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva
		Falla en variador de frecuencia								Variador de frecuencia	\$ 1'230.00,00	
		Daño guardamotor principal	Realizar cambio de componentes eléctricos	1/2 hora	N/A	1 Técnico	1/2 hora	N/A	N/A	guardamotor	\$ 72.000,00	N/A
		Alimentación abierta				Eléctrico				Cableado eléctrico y/o bornes	\$ 35.000,00	
		Motor en corto por humedad										
		Tornillos de ajuste de cuñero sueltos.	Realizar cambio de prisioneros o cuña si se requiere	1/2 hora	N/A	1 Técnico eléctrico	1/2 hora	N/A	N/A	prisioneros y/o cuña	\$ 17.000,00	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
	Bomba Cornell Ref 4hh-F16 K	Falta de lubricación Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Desergenicación del motor Candadeo loto sete, desocupar aceite del freidor, Desanclaje del motor electrico Soltura de acople mecanico Limpieza general Retiro de tapas, y rodamientos averiados	4 horas	1 hora	1 Técnico 1 electricista 1 Operador 2 técnicos mecánicos	Técnico electricista = 1/2 hora Operador = 1-1/2 hora Técnico mecánico = 3 horas cada uno	N/A	N/A	Rodamientos (2z/c3 y 2z/c3) Paños de limpieza	,000 - ,000 31,000	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Inpeccion de housings, bobinado Verificacion de estado del eje y retenedores Instalacion de rodamientos nuevos Armado, montaje y alineacion con la bomba	2 horas	1/2 hora	1 Técnico	1-1/2 horas 1 hora	1 Especialista en	\$ 300.000,00	N/A	N/A	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)		
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva			
		de dimensiones Desalineación Soltura mecánica	vibraciones y verificación del motor en partes y tornillería				mecánico 1 Especialista en vibraciones		análisis de vibraciones					
		Cavitación	Realizar posicionamiento adecuado de las válvulas	1/2 hora	1/4 hora	1 Técnico mecánico	1/2 hora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Desgaste del sello mecánico por bloqueo del resorte con ripo del producto.	Desorganización del motor Candaeo loto sete, desocupar aceite del	4 horas	1 hora	1 Técnico electricista 1 Operador	Técnico electricista = 1/2 hora Operador = 1-1/2 hora	En caso de daño de tubería personal de soldadura	\$1'500,00 0,00	Tubería de 6" de repuestose	\$56,00 0,00	N/A	N/A	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla											
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)		
		Daño en tubería de succión o descarga	freidor, Des anclaje del motor eléctrico			2	Técnico mecánico	o = 3 horas						
		Desgaste del empaque de la voluta.	Soltura de acople mecánico Limpieza general Retiro de tapas, cambio de sello mecánico de requerirse o empaques , Verificación o corrección de daños en			2	Técnico mecánico	o = 3 horas						

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
		tubería, montaje y alineación con la bomba										
	Pernos de sujeción de la voluta sueltos.	Desergenzación del motor	3 horas	1 hora	1 Técnico	Técnico electricista = 1/2 hora	N/A	N/A	Aceites lubricantes bombas	\$37,00 0,00 \$17,00	N/A	
	Exceso de lubricante	Candadeo loto sete, desocupar aceite del freidor,			1 electricista	Operador = 1-1/2 hora			cornell			
	Deterioro de los retenedores	realizar cambio de empaques y ajuste de tornillería en bridas, verificar			2 técnicos mecánicos	Operador Técnico mecánico = 2 horas cada uno			- empaques			

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Estrategia a Falla									
			Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			erróneas, se debe realizar vaciado de aceite de la tubería			1 Técnico mecánico	mecánico = 1/2 hora					
		Cavitación	Realizar posicionamiento adecuado de las válvulas	1/2 hora	1/4 hora	1 Técnico mecánico	1/2 hora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Nivel de aceite inadecuado	Realizar verificación de nivel de aceite dentro del freidor adecuado y toma de lectura	1 hora	1/4 hora	1 Técnico eléctrico	1 hora	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

			Estrategia a Falla									
Equipo	Item Mantenible	Mecanismo de Falla	Descripción de la tarea correctiva	Duración de la tarea correctiva	Tiempo muertos de la tarea correctiva	Recursos requeridos para la tarea correctiva	(Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea correctiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea correctiva.	Costo del servicio externo requerido para la tarea correctiva	Repuestos requeridos para la tarea correctiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea correctiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			correcta del sensor									

Nota. La presente tabla ilustra el análisis de mecanismos para la estrategia correctiva del mantenimiento ante los fallos del equipo y la unidad de recirculación de aceite

Tabla 6

Estrategia preventiva y/o predictiva.

			Estrategia Preventiva y Predictiva									
Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recursos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
Unidad Recirculación De Aceite	MOTOR	Falta de lubricación	Lubricar partes rotatorias con frecuencia y cantidad establecida por el fabricante	1/2 hora	N/A	1 Técnico Mecánico	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	Grasa, lubricante e inyector	\$ 33.000,00	N/A
		Desalineación	Verificación de alineación del sistema	1 hora	1 hora	1 Técnico Mecánico	1 hora 1 hora			Alineador láser Calzas de nivel	\$ 250.00 0,00 \$	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/ predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/ predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/ predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preventiva/ predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/ predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventiva/ predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/ predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Preventiva/ predictiva	Costos de los repues tos requer idos para la tarea Preventiva/ predictiva	
			motor bomba				1 Operador				95.000,00	
		Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Monitoreo de análisis de vibraciones	1/2 hora	N/A	1 Especialista en análisis de vibraciones	1/2 hora	Monitoreo de vibraciones	\$ 150.000,00	N/A	Ninguno	Realizar correcciones según el monitoreo y los espectros encontrados
		Desalineación	Verificación de alineación del sistema motor bomba	1 hora	1 hora	1 Técnico Mecánico 1	1 hora 1 hora	Ninguno	Ninguno	Alineado r láser Calzas de nivel	\$ 250.000,00 \$ 95.000,00	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preve ntiva/predic tiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventi va/predi ctiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Pr eventiva /predicti va	Costos de los repues tos requer idos p ara la tarea Preve ntiva/predic tiva	
						Opera dor						
		Soltura mecánica	Ajuste de partes mecánicas y pernos de anclaje	1 hora	1/2 hora	1 Técnico mecánico	1 hora			Herrami enta de mano	Ninguno	N/A
		Daño de elementos rodantes	Monitoreo de análisis de vibraciones	1/2 hora	N/A	1 Especialista en análisis de vibraciones	1/2 hora	Monitoreo de vibraciones	\$ 150.000,00	N/A		Realizar correcciones según el monitoreo y los espectros encontrados

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Requisitos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	
		Soltura en anclaje de la ventaviola	Ajuste de partes mecánicas y pernos de anclaje	1 hora	N/A	1 Técnico mecánico 1 Técnico eléctrico	1 hora	Ninguno	Ninguno	Pernos Tornillería	10,000.00\$	N/A
		Bajo aislamiento de las bobinas Daño en ventaviola Daño bobinado	Medición de aislamiento de bobinas, consumo de corriente motor encendido y	1 hora	N/A	1 Técnico eléctrico	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Requisitos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	
		de frecuencia										
		Daño guardamotor principal	Realizar monitoreo termográfico	1 hora	N/A	1 Técnico Eléctrico	1 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	Realizar recomendaciones según normatividad y criticidad eléctrica
		Alimentación abierta										
		Motor en corto por humedad	N/A	N/A								
		Tornillos de ajuste de cuñero sueltos.	Realizar verificación de acople y cuñeros, ajuste de prisioneros	1/4 hora	N/A	1 Técnico Mecánico	1/4 hora	Ninguno	Ninguno	cuña	\$ 7.000,00	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preve ntiva/predic tiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventi va/predi ctiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Pr eventiva /predicti va	Costos de los repues tos requer idos p ara la tarea Preve ntiva/predic tiva	Coment arios (explicac ión de alguna condició n especial si aplica)
	Bomba Cornell Ref 4hh - F16k	Falta de lubricación	Lubricar partes rotatorias con frecuencia y cantidad establecida por el fabricante	1/2 hora	N/A	1 Técnico Mecánico	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	Grasa, lubricante e inyector	\$ 33.000,00	N/A
		Valores de vibración por encima del nivel de alerta	Monitoreo de análisis de vibraciones	1/2 hora	N/A	1 Especialista en análisis de vibraciones	1/2 hora	Monitoreo de vibraciones	\$ 150.000,00	N/A	Ninguno	Realizar correcciones según el monitoreo y los espectros encontrados

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repues tos requer idos para la tarea Preventiva/predictiva	Coment arios (explicac ión de alguna condició n especial si aplica)
		Impulsor desbalanceado perdida de dimensiones	Verificación de alineación del sistema motor bomba	1 hora	1 hora	1 Técnico Mecánico 1 Operador	1 hora 1 hora	Ninguno	Ninguno	Alineado r láser Calzas de nivel	\$ 250.00 0,00 \$ 95.000,00	N/A
		Desalineación	Ajuste de partes mecánicas y pernos de anclaje	1 hora	1/2 hora	1 Técnico mecánico	1 hora			Herramienta de mano	Ninguno	N/A
		Soltura mecánica	Monitoreo de análisis de vibraciones	1/2 hora	N/A	1 Especialista en análisis	1/2 hora	Monitoreo de vibraciones	\$ 150.000,00	N/A		Realizar correcciones según el monitoreo

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repues tos requer idos para la tarea Preventiva/predictiva	
							s de vibraciones				o y los espectros encontrados	
		Cavitación	Realizar checklist de proceso para manipulación y control de las válvulas	1/2 hora	N/A	1 operador	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A
		Desgaste del sello mecánico por bloqueo del resorte con ripio	Verificación de ausencia de fugas durante producción por personal operativo	1/2 hora	N/A	1 operador	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recurridos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
		del producto. Daño en tubería de succión o descarga Desgaste del empaque de la voluta.	Realizar ruta de lubricación y verificación	1/2 hora	1/2 hora	1 Técnico mecánico	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Requisitos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	
		Exceso de lubricante	de ausencia de fugas									
		Deterioro de los retenedores										
		Daño de válvula tipo cortina succión de aceite	Realizar checklist de verificación de funcionamiento de las válvulas (apertura y cierre)	1/2 hora	1/2 hora	1 Técnico mecánico	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A
		Válvula de succión cerrada										
		Daño sensor de flujo	Tomar lectura de datos de	1/2 hora	N/A	1 Operador	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	Sensor de flujo y sensor	Ninguno	Calibración de rangos

Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Estrategia Preventiva y Predictiva									Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
			Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Recur sos requer idos para l a tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicio s Externo s requerid os para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuest os requerid os para l a tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repues tos requer idos p ara la tarea Preventiva/predictiva	
		Impeller desgastado .	trabajo y parámetros operativos								de presión	de trabajo de los sensores
		Cavitación	Realizar checklist de proceso para manipulación y control de las válvulas	1/2 hora	N/A	1 Operador	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	N/A	Ninguno	N/A
		Nivel de aceite inadecuado	Tomar lectura de datos de trabajo y parámetros operativos	1/2 hora	N/A	1 Operador	1/2 hora	Ninguno	Ninguno	En caso de haber cambiado sensor de nivel realizar calibración	Ninguno	N/A

			Estrategia Preventiva y Predictiva									
Equipo	Item Mantenible	Mecanismo De Falla	Descripción de la tarea Preventiva/predictiva (para evitar que se materialice el modo/mecanismo de falla)	Duración de la tarea Preventiva/predictiva (llave en mano)	Tiempos muertos de la tarea Preventiva/predictiva	Requisitos para la tarea Preventiva/predictiva	HH (Horas Hombre) de cada recurso requerido para la tarea Preventiva/predictiva.	Servicios Externos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costo del servicio externo requerido para la tarea Preventiva/predictiva	Repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Costos de los repuestos requeridos para la tarea Preventiva/predictiva	Comentarios (explicación de alguna condición especial si aplica)
												ón de trabajo

Nota. La presente tabla ilustra el análisis de mecanismos para la estrategia preventiva y/o predictiva del mantenimiento ante los fallos del equipo y la unidad de recirculación de aceite

Tabla 7*Matriz de riesgos de la planta*

Afectación a Personas	Consecuencias			Probabilidad			
	Pérdidas Económicas	Tiempo de Reparación	Medio Ambiente	Año	Mes	Semana	Día
Una o más fatalidades	Alto (mayor a 35.000.000\$ hasta 80.000.000\$)	Alto (mayor a 6 horas)	Alta contaminación (aquella de carácter irreparable)	M	H	VH	VH
Incapacidad permanente	Medio (mayor a 5.000.000\$ y menor a 35.000.000\$)	Medio (mayor a 40 minutos y menor a 6 horas)	Contaminación localizada (zona o lugar delimitado)	L	M	H	VH
Lesión leve	Bajo (menor a 5.000.000\$)	Bajo (mayor a 15 minutos y menor a 40 minutos)	Contaminación leve (bajo impacto controlado como zona de lavado y PLT)	N	L	M	H
Ninguna lesión	Ninguno	Ninguno (menor de 15 minutos usado en ajustes operacionales)	Ninguna	N	N	N	N

Nota. La matriz de riesgos de la planta que se muestra a continuación tiene una referencia que un (1) mes siempre es mayor a cuatro semanas ya que usualmente oscila su valor entre treinta (30) y treinta y uno (31) días. Fuente: *Proceso de freído de papa (modificada y ajustada para el contexto)*.

Tabla 8*Jerarquización del Modo de Falla*

FF	ND	NS	NC	RPN	Criticidad
10	5	7	7	190	Muy Alto
7	3	4	4	77	Media
4	3	7	4	56	Media
4	1	7	4	48	Media
4	1	4	4	36	Media
10	3	7	7	170	Alto
4	5	4	4	52	Media
4	3	10	7	80	Alto
4	3	7	7	68	Media
7	3	10	10	161	Alto
1	7	4	4	15	Media
4	5	1	1	28	Bajo
1	5	1	1	7	Bajo
1	5	1	1	7	Bajo

FF	ND	NS	NC	RPN	Criticidad
4	5	4	4	52	Medio
4	8	7	4	76	Alto
1	5	7	4	16	Media
1	8	10	10	28	Muy Alto
4	3	8	1	48	Bajo
4	3	10	4	68	Media
4	3	8	7	72	Media
4	3	10	7	80	Alto
4	3	10	7	80	Alto
7	3	10	7	140	Alto
7	3	10	7	140	Alto
7	5	7	7	133	Alto
7	8	7	7	154	Alto
4	8	3	4	60	Media
4	8	3	1	48	Media
7	3	10	7	140	Alto
7	5	7	10	154	Alto
7	5	7	7	133	Alto
7	5	10	4	133	Alto

FF	ND	NS	NC	RPN	Criticidad
7	3	10	10	161	Alto
4	5	7	7	76	Alto
7	3	10	7	140	Alto
4	5	10	7	88	Alto

Nota. la presente tabla evidencia e Identifica las causas y efectos para prevenir fallas y analizar los riesgos tabulándolo por medio de la jerarquización del modo de falla de los datos tomados de la Tabla 4 “Evaluación de los Modos de Falla Mediante el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).”

Tabla 9

Nivel de frecuencia de ocurrencia

FF	Nivel de Frecuencia de Ocurrencia	Definición de Frecuencia de Ocurrencia
10	Muy alta: fallo que es casi inevitable	una ocurrencia por semana
7	Alta: continuamente	una ocurrencia cada mes
4	Baja	una ocurrencia cada año
1	Remota	una ocurrencia mayor a un año

Nota. A continuación, se presentan las tablas de Frecuencia, Detección, Severidad y Costos, al cruzarse con la Tabla 5 “. Matriz de riesgos de la planta” (Frecuencia vs Consecuencia) se obtiene el estado de criticidad.

Tabla 10*Nivel de Detección de Fallos*

DF	Nivel de Detección (Grado de Control) de Fallos	Definición del Nivel de Detección de Fallos
10	Totalmente impredecible	El sistema no cuenta con inspección y por ende las anomalías no son detectadas
8	Bajo	No se cuenta con herramientas para monitorizar el proceso
5	Moderado	El proceso cuenta con una automatización del 30% y se inspecciona en dos puntos de la línea producción
3	Alto	El proceso cuenta con una automatización del 65% y se inspecciona en 4 puntos de la línea de producción
1	Totalmente controlado	El proceso cuenta con una automatización del 100% y se inspecciona durante todo su proceso en la línea de producción

Nota. se desarrolló la siguiente tabla para delimitar el nivel de detección de fallos del proceso.

Tabla 11*Nivel de Severidad*

SF	Nivel De Severidad	Definición Del Nivel De Detección De Fallos
10	Muy alto	Pérdidas humanas y daños irreversibles al medio ambiente
7	Alto	Fallo de insatisfacción alto al cliente que recibe el producto
4	Bajo	Fallo en eficacia y causa de quejas medianas por los clientes
1	Ninguno	Fallos que no afectan la eficacia del proceso y al cliente

Nota. se identifican los siguientes ítems, para el nivel de severidad que afectan a la compañía de snacks.

Tabla 12*Nivel de Costo*

CF	Nivel de Detección de Costos	Definición del Nivel de Detección de Fallos
10	Muy alto	Fallos que provocan altos costes por aspecto de seguridad y ambiente (indemnizaciones)
7	Alto	Fallos por pérdida total del producto o costes importantes de reparaciones correctivas
4	Bajo	Fallos por costos normales de producción o reparación
1	Muy bajo	Fallos por costes insignificantes

Nota, se realiza la delimitación de costo para tener parametrizados sus nivel y así tener más asertivamente el estado de la producción ante los diversos fallos.

Figura 9

Diagrama de Ishikawa



Nota. En la presente figura se ilustra el diagrama de Ishikawa de causa y efecto quien ayuda a identificar las causas raíces del problema de investigación, siendo de gran utilidad porque es donde se entra a analizar todos los factores involucrados en la ejecución del proceso de la bomba centrífuga, por medio de la utilización del control, administración de la calidad e identificación de posibles errores dentro de la cadena de producción.

¿Los 5 Por qué?

¿Por qué se debe rediseñar la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga de recirculación de aceite en la máquina freidora de papas?

¿Por qué la estrategia actual de mantenimiento no reconoce la variabilidad de los parámetros (seguimiento y trazabilidad) de la máquina?

¿Por qué las metodologías de mantenimiento están guiadas y basadas en las básicas que ofrece el fabricante y no se realiza un mantenimiento más especializado?

¿Por qué no se sigue el reporte u hoja de vida del equipo para realizar mediante el seguimiento del mismo un plan de acción?

¿Por qué no se cumple el mantenimiento programado acorde a las fechas establecidas?

6.3 Propuestas de Solución

Ampliar el número de bombas centrifugas pasando de tres (3) a cinco (5) ya que se analiza la gran necesidad de estas nuevas maquinarias, debido a que en la actualidad se tienen tres líneas de producción lo cual conduce que a cada una le corresponde una bomba centrífuga, por esta razón de llegar a presentarse un fallo se debe parar la producción trayendo consigo cuantiosas pérdidas. Con la ampliación y compra de 2 bombas centrifugas, se puede aumentar a un 66% en las probabilidades para que la producción no se detenga ya que al tener 2 máquinas de repuesto se reemplazarían frente a un posible fallo con la ventaja que se intercambiarían, reduciendo sus tiempos exponencialmente frente al factor actual en que se debe quitar el equipo reparar y volver a instalar, estas labores en su mayoría son simultaneas pero algunas otras acarrear muchos más tiempo por eso la importancia de contar con estas máquinas como repuesto. En donde es una inversión mas no un gasto ya que priorizará a cabalidad la producción correspondiente a 24 horas diarias, los 7 días de la semana observando que las ganancias se verán retribuidas y reflejadas a

través de la producción diaria de cero averías. (la monetización de esta propuesta tendría un valor unitario de: 87.000.000.00 \$ y al ser dos equipos sería 174.000.000.00 \$).

Como segunda solución en consecuencia de la anterior puede ser la de manejar tiempos de vida útil de esta bomba, si se compran las otras bombas entrar a repartirlas en tiempo de uso para poder realizarles un óptimo mantenimiento y así tener siempre un Backup asegurando su funcionamiento en todo momento. (en la monetización de esta propuesta se puede visualizar un ahorro de 6 horas de producción, ya que al tener el Backup su instalación tardaría dos horas mientras que si no se tuviera se tendría que proceder a resolver el fallo mecánico que consume 8 horas en su reparación, en donde cada hora de producción equivale a 39.000.000.00 \$ y al ser 6 horas se ahorraría 234.000.000.00 \$).

Brindar y adquirir planes de capacitación en el uso y cuidado de los equipos con un óptimo contenido para la empleabilidad del área de mantenimiento, aumentando así las capacidades de desempeño ante los fallos al igual que contextualizar y tener más afinidad con la vanguardia tecnológica en las herramientas de detección de anomalías o instrumentos de labor. (monetización de capacitaciones por un valor de \$6.000.000.00 y adquisición de instrumentos por \$20.000.000.00).

Por medio de la redundancia observar las fallas concurrentes frente a factores y tiempos que repercuten en los componentes y repuestos de la máquina en su fallo, para realizar su cambio en el tiempo más exacto posible, en donde se asegura darle una vida útil, optima o total en términos de uso, pero sin extralimitarse en el sentido de dejar este componente más tiempo del debido ya que con esto puede conllevar consigo a daños colaterales de otras piezas, al no haber realizado el cambio del repuesto en el término prudente que mostrara una alerta del incidente identificando anomalías las cuales según su

grado de tolerancia nos muestre si son permisibles o si son críticas y requieren de una labor de mantenimiento urgente.

Realizar un programa de mantenimiento acorde a tiempos velando para que las actividades se lleven a cabo en los momentos determinados, cumpliendo así con el cronograma establecido y adelantarse a posibles fallas por tiempos de funcionamiento.

7 Impactos Esperados / Generados

7.1 Impactos Esperados

Llegar a poner en práctica el plan y la estrategia de mantenimiento ya que esto está ligado a algo plano y no se alcanza a realizar sobre la marcha por motivos de tiempo, pero si la empresa lo logra desarrollar en sus labores brindará una gran ayuda. Las actividades planteadas nos permiten mitigar los sobrecostos por repuestos reemplazados como lo es el cumplimiento de su ciclo de vida útil o la falencia de parametrización de labores frente a su desgaste de componentes.

Alcanzar el buen estado como eje focal de la rentabilidad en donde se entra a mejorar y medir el estatus real del equipo, mostrando cifras precisas para una medición realista de su mantenibilidad y proyección de funcionalidad operando en estas labores de mantenimiento en los momentos exactos mas no de urgencias como (apaga incendios) y de suma criticidad mediante paros inesperados para la compañía.

Se establecerá mediante el historial de hoja de vida del equipo y su cronología de errores el principio de cero fallos y la descripción de actividades para establecer los tiempos de intervención y así mejor la planeación actual que incrementa significativamente los costos en producción a satisfacción con un funcionamiento continuo.

7.2 Impactos Alcanzados

Por medio de los diagnósticos los cuales se toman para tener el contexto actual de la empresa y la máquina en donde se realiza su desarrollo, pero solo nos da un dato mas no es evidenciable en la estrategia de mantenimiento como factor de solución debido a que con ello se consigue la causa y efecto para entrar a implementar posibles hipótesis, ante ello se implementa el análisis de falla como razón de ser del rediseño de la estrategia de mantenimiento de la bomba centrífuga mediante herramientas como: 1). Diagrama de Ishikawa, 2) Los 5 Por qué, 3) Matriz de riesgo. 4) RCM.

El diagrama de Ishikawa, es principal porque es la herramienta que permite encontrar y desglosar las causas que afligen las falencias de mantenimiento en los equipos por ello la relevancia de implementarlo en el presente rediseño de la estrategia de mantenimiento porque contando con este diagrama bien estructurado se obtiene las bases dicha mejora.

Los 5 Por qué, es una de las herramientas más específicas para proyectos de este tipo porque es quien nos define y desglosa el (por qué) de los fallos llegando a su causa raíz y permitiendo así tomar decisiones de soluciones, anexándolo a la hoja de vida de la máquina como materia prima de la estructuración del plan de acción requerido.

Para la matriz de riesgo, esta herramienta se emplea para identificar los niveles de riesgo a nivel general en la máquina; en la logística, operativamente y en el talento humano, donde se mide en detalle la frecuencia versus las consecuencias de que se llegue a materializar dicho peligro, por ello la importancia de implementar ésta herramienta como factor de mitigación ante posibles riesgos o incluso a riesgos latentes, teniendo en cuenta el talento humano como eje fundamental para su identificación, prevención y mitigación.

El RCM, es la herramienta de mantenimiento basado en confiabilidad como eje primordial e insignia en este proyecto, unificando los datos obtenidos del análisis de las herramientas anteriormente descritas y expandiendo así mismo a detalle las labores, tiempos, periodicidad, mano de obra, tipo y clasificación de repuestos pertenecientes a la máquina, todo esto como estructura para la nueva estrategia de mantenimiento en el presente estudio investigativo realizando la evaluación de actividades mediante un testeado de causa y efecto que establece la toma de decisiones frente a que labores son óptimas y eficientes como herramientas de medición para la realización del plan de acción.

Involucrar al personal técnico en el conocimiento de los tipos de técnicas de mantenimiento no intrusivas ni destructivas para lograr obtener información sobre estado y comportamiento del equipo.

7.3 Discusión

En el presente trabajo podemos observar la gran importancia del RCM ya que como sus siglas lo describen es el mantenimiento basado en confiabilidad, que asegura la vida del activo para dar una pronta solución a las fallas teniendo una estrategia planificada por medio de su hoja de información y hoja de decisiones a través del análisis puntual de las máquinas críticas en las empresas, como lo es en nuestro caso de estudio la bomba centrífuga que es el equipo al cual se le implemento esta metodología.

Adicional a ello el RCM es universal en donde su significado y razón de ser es genérico para que en toda parte o lugar se opere con su debido fin y propósito, gracias a que es una noción estandarizada se presta para la interoperabilidad en las zonas industriales por su diversidad de aplicaciones, para disminuir los mantenimientos preventivos que son los que requieren de un paro a la máquina para su procedimiento y por lo contrario busca es

augmentar los mantenimientos predictivos que son visuales y no intrusivos a través de inspección a posibles síntomas de fallas.

8 Análisis financiero

8.1 Inversión

Para la solución número uno de (Ampliar el número de bombas centrifugas pasando de tres a cinco) la monetización de esta propuesta tendría un valor unitario de: \$87.000.000.00 y al ser dos equipos seria \$174.000.000.00.

Para la solución número tres de (Brindar y adquirir planes de capacitación vanguardia tecnológica en las herramientas de detección de anomalías) la monetización de capacitaciones tiene un valor de \$6.000.000.00 y adquisición de instrumentos por \$20.000.000.00.

8.2 Utilidad

manejar tiempos de (vida útil de la bomba centrifuga y tener el Backup como respaldo) en la monetización de esta propuesta se puede visualizar un ahorro de 6 horas de producción, ya que al tener el Backup su instalación tardaría dos horas mientras que si no se tuviera se tendría que proceder a resolver el fallo mecánico que consume 8 horas en su reparación, en donde cada hora de producción equivale a \$39.000.000.00 y al ser 6 horas se ahorraría \$234.000.000.00 al año, ante ello no se ahorran las 8 horas debido a que al instalar y poner en marcha el equipo Backup se emplean 2 horas del mantenedor en esta labor).

8.3 ROI

$$\frac{\$234.000.000.00 - (\$174.000.000.00 + \$26.000.000.00)}{(\$174.000.000.00 + \$26.000.000.00)} * 100 = \mathbf{17\%}$$

Ingresos generados = ahorro en 6 horas de producción (\$234.000.000.00) gracias al Backup o equipo de remplazo ante fallo mecánico, este incidente tarda normalmente 8 horas en repararse, mientras que al cambiar el equipo Backup tardaría solo 2 horas.

Inversión realizada = adquisición de dos bombas centrifugas con un valor unitario cada una de: \$87.000.000.00 y al ser dos equipos seria \$174.000.000.00. Mas planes de capacitación vanguardia tecnológica en las herramientas de detección de anomalías por \$6.000.000.00 y adquisición de instrumentos por \$20.000.000.00 que daría una sumatoria de \$26.000.000.00 .

9 Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

Mediante el análisis de fallas y criticidad se estiman decisiones que contribuirán al buen funcionamiento, rendimiento de la bomba centrifuga y maquina en general según la estadística encontrada al inicio versus la proyectada en el estudio.

Al ejecutar el plan de mantenimiento con las actividades designadas para la bomba centrifuga, permite aumentar la productividad y la rentabilidad del activo en su totalidad.

Se determina en las actividades al personal especializado y requerido con las competencias necesarias para brindar un excelente mantenimiento.

9.2 Recomendaciones

Seguir a detalle los tiempos estipulados de los cronogramas del plan de mantenimiento junto con su respectivo seguimiento, para asegurar así la efectividad y eficiencia de las maquinas reflejada en su vida útil.

Realizar el diligenciamiento a detalle y muy rigurosamente de la hoja de vida de los equipos ante eventos, cambios y mantenimientos efectuados en los mismos, lo cual permite dar una panorámica real del estado de las maquinas brindando una información completa e

interpretativa para el área de mantenimiento y ante factores de nuevos colaboradores, cambio de personal o cambio de rol.

Brindar y dar continuidad con las capacitaciones ya que estas son las herramientas principales para el buen desarrollo y ejecución del plan de mantenimiento.

10 Referencias

Angulo Coronel, H. (2017). *Proyecto de Mejora del Plan de Mantenimiento de las Islas de Combustible Ubicadas en la Mina de Carbones del Cerrejón Limited*. Universidad de la Costa CUC, Atlantico. Barranquilla: Angulo Coronel, Hector Gabriel;. Recuperado el 11 de Julio de 2021

Arnulfo, R. B. (2020). *Rediseño del proceso de mantenimiento para los activos productivos de la planta de superficies*. Universidad EAFIT, Cundinamarca. Bogotá: Rojas Baquero Jose Arnulfo. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17460/JoseArnulfo_RojasBaquero_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y

C., A. V. (30 de Octubre de 2019). *AV Ingeniería*. (Admin, Editor) Recuperado el 29 de Junio de 2021, de <https://www.avingeneria.net/>
<https://www.avingeneria.net/mantenimiento/estrategias-de-mantenimiento-industrial/>

Carlos, R. B. (2018). Estructuración de un modelo de gestión del mantenimiento preventivo aplicable a la industria de molinería de arroz en el dpto. del tolima. Universidad De Ibagué, Tolima. Ibagué: Rico Bermudez Juan Carlos. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de <https://repositorio.unibague.edu.co/bitstream/20.500.12313/622/1/Tesis.pdf>

Eduardo, R. R. (2018). *Planeación Estratégica y Gestión de Mantenimiento en el Instituto Metropolitano Protransporte de Lima*,. Universidad Cesar Vallejo, Lima. Lima: Reyes Ramírez Raúl Eduardo. Recuperado el 10 de Julio de 2021, de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21283/Reyes_RRE.pdf?sequence=1

Jurado Vega, O., Cuan Perez, C. R., & Ramirez Verano, C. E. (2018). Optimización del plan de mantenimiento de las instalaciones en la planta del cuidado del hogar de la compañía BRINSA S. A. en el municipio de Cajicá a través de la gestión del riesgo.

Universidad Católica de Colombia, Cundinamarca. Bogota DC: Jurado Vega, Octavio; Cuan Perez, Carlos Robinson; Ramirez Verano, Camilo Eduardo;. Recuperado el 5 de Julio de 2021, de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22404/1/Proyecto%20de%20grado.pdf>

Laines López, E. D. (2019). Plan de gestión para el mantenimiento del sistema de generación de vapor en el hospital de accidentes, instituto guatemalteco de seguridad social ceibal. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Guatemala: Laines López, Eduardo David;. Recuperado el 10 de Julio de 2021

Mariño-Abarca, O. G.-B.-G.-P. (2019). *Validación del modelo numérico del comportamiento hidráulico de una bomba centrífuga*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría Cujae, Cuba. Recuperado el 11 de Julio de 2021, de

<http://0210010bo.y.http.web.a.ebscohost.com.proxy.ecci.edu.co:8080/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=11&sid=205c1a63-3694-4d2b-8704-e42c4602dfc%40sessionmgr4007>

Martínez Perez, F., & Álvarez García, S. (2019). *Análisis de fallas recurrentes y propuesta de soluciones para el sistema de bombeo de agua*. La Habana: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Recuperado el 4 de Julio de 2021, de

<http://02100106b.y.http.web.b.ebscohost.com.proxy.ecci.edu.co:8080/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=965bca2e-e8fc-4d8d-ae67-8319de28efa5%40pdc-v-sessmgr02>

Mirelys, E. G. (2016). Elaboración de un plan de mantenimiento para los equipos críticos de la sala de jarabe simple y terminado de pepsi-cola villa de cura basado en el sistema de gestión de mantenimiento (SIGEMA). Universidad Central de Venezuela, Cagua. Cagua: Escobar Gómez Mirelys. Recuperado el 7 de Julio de 2021

Ochoa Rodriguez Aldemar Franklin, G. A. (2016). *Propuesta de aplicacion de consultoria para la medicion de la gestion de mantenimiento. Empresa COCA-COLA FEMSA*. Universidad ECCI, Cundinamarca. Bogotá: Universidad ECCI. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/212/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Partida, A. (31 de Diciembre de 2016). *Mantenimiento & Mentoring Industrial*. Recuperado el 28 de Junio de 2021, de <https://mantenimiento-mi.es/>:
<https://mantenimiento-mi.es/2016/la-estrategia-en-mantenimiento>

Renovetec. (11 de Julio de 2015). *RENOVETEC*. (R. T. S.L, Editor) Recuperado el 29 de Junio de 2021, de <http://ingenieriadelmantenimiento.com/>:
<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/9-estrategias-de-mantenimiento/6-estrategias-de-mantenimiento>