



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA
DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX**

Andrea Lourdes Mazariegos Grijalva

Asesorado por el Mtro. Ing. Cesar Oswaldo García Monterroso

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA
DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POR

ANDREA LOURDES MAZARIEGOS GRIJALVA
ASESORADO POR EL MTRO. ING. CESAR OSWALDO GARCÍA
MONTERROSO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE Y 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado de ingeniería con fecha 7 de octubre de 2023.

Andrea Lourdes Mazariegos Grijalva



EEPM-PP-1356-2023

Guatemala, 7 de octubre de 2023

Director
Gilberto Enrique Morales Baiza
Escuela De Ingenieria Mecanica
Presente.

Estimado Ing. Morales

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento**, presentado por la estudiante **Andrea Lourdes Mazariegos Grijalva** carné número , quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Ingeniería De Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. César Oswaldo García Monterroso
Ingeniero Químico
Colegiado No. 1553

Mtro. César Oswaldo García Monterroso
Asesor(a)

Mtra. Rocio Carolina Medina Galindo
Coordinador(a) de Maestría



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIM-1264-2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX.**, presentado por el estudiante universitario **Andrea Lourdes Mazariegos Grijalva**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

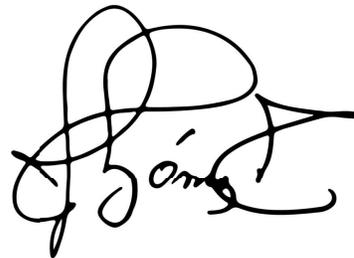
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica

Guatemala, octubre de 2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA UNA BATIDORA CONTINUA MATRIX.**, presentado por: **Andrea Lourdes Mazariegos Grijalva** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 30/10/2023 19:23:54
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, octubre de 2023

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme en todos los años de estudio que, llevado, darme fuerza y ser consuelo en momentos de dificultad.
- Mis padres** Sara Grijalva y Romeo Mazariegos, por su apoyo a lo largo de mi vida, por enseñarme la importancia del estudio y enseñarme a ser perseverante para lograr mis metas.
- Mi hermana** Gabriela Mazariegos, por apoyarme en todo momento y ser mi amiga de toda la vida.
- Mi novio** Marcelo Sandoval, por motivarme a seguir en cada paso, por apoyarme, escucharme y ser un gran pilar en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una gran casa de estudios, apoyar a los estudiantes a que logremos ser profesionales, agradezco la enseñanza y mis logros en el mundo laboral que son resultados de su formación.

**Mis compañeros de
trabajo**

Por su constante apoyo en la realización de este proyecto y por su compañerismo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
1. INTRODUCCIÓN	VII
2. ANTECEDENTES	1
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción del problema	5
3.2. Delimitación del problema	5
3.3. Formulación de preguntas orientadoras	6
3.3.1. Pregunta central	6
3.3.2. Preguntas auxiliares	6
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. OBJETIVOS	9
5.1. Objetivo general	9
5.2. Objetivos específicos.....	9
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	11
7. MARCO TEÓRICO.....	13
7.1. Producción de helados	13
7.1.1. Procesos de producción	15
7.1.2. Procedimientos de producción.....	16

7.1.3.	Control de calidad en plantas de alimentos.....	17
7.2.	Mantenimiento industrial	18
7.2.1.	Mantenimiento en industrias alimenticias	21
7.2.2.	Tipos de mantenimientos	22
7.2.2.1.	Mantenimiento autónomo	23
7.2.2.2.	Mantenimiento preventivo sistemático .	24
7.2.2.3.	Mantenimiento basado en la condición	25
7.3.	Maquinaria utilizada en una línea de producción de helados...	26
7.3.1.	Batidora continua marca Matrix modelo CFI 1200- E.....	27
7.4.	Equipos auxiliares utilizados en una línea de producción de helados	29
7.4.1.	Torre de enfriamiento	30
7.4.2.	Compresor de aire.....	31
7.5.	Eficiencia en el mantenimiento.....	32
7.5.1.	Buenas prácticas de manufactura en el mantenimiento.....	33
7.5.2.	Seguridad industrial en mantenimiento	35
7.5.2.1.	Equipo de protección personal	36
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	39
9.	METODOLOGÍA	41
9.1.	Características del estudio	41
9.2.	Unidades de análisis	42
9.3.	Variables	42
9.4.	Fases de estudio	43
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47

11.	CRONOGRAMA.....	51
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	53
13.	REFERENCIAS.....	55
14.	DOCUMENTOS DEL ASESOR.....	61
	APÉNDICES	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Esquema de investigación	12
Figura 2.	Evolución del mantenimiento industrial.....	21
Figura 3.	Mantenimiento preventivo según norma EN 1330	23
Figura 4.	Batidora continua Matrix CFI 1200-E	27
Figura 5.	Sistema de batidora continua Matrix.....	29
Figura 6.	Torre de enfriamiento utilizada para un proceso industrial	31
Figura 7.	Pareto de fallas para análisis por sistemas.....	47
Figura 8.	Diagrama lineal con marcadores	48
Figura 9.	Curva PF, condición del activo vs tiempo	49
Figura 10.	Disponibilidad y confiabilidad de equipos	50
Figura 11.	Cronograma de realización de proyecto final.....	52

TABLAS

Tabla 1.	Parámetros de funcionamiento de batidora Matrix	28
Tabla 2.	VARIABLES de la operativización	42
Tabla 3.	Cronograma de actividades para proyecto final.....	51
Tabla 4.	Cuadro de recurso financiero.....	53

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye una mejora al plan de mantenimiento para el equipo batidora continua marca Matrix modelo CFI 1200-E, esto con el fin de proponer mejoras mantenimiento preventivo, como también investigar la causa raíz de los fallos por sobrepresión en el sistema de refrigeración y proponer una solución de tipo preventiva.

El problema que presenta el equipo son las constantes paradas de producción por sobrepresión del sistema de refrigeración, esto ocasiona paros de producción, pérdida de producto por fallas en el equipo, pérdida de gastos indirectos en producción y disminución de vida útil del equipo.

La importancia de la solución consiste en la confiabilidad que el equipo podrá brindar al área de producción, la mejora en la calidad de los productos, así como también en la eficiencia y el aporte que este tipo de equipos pueda brindar a la empresa económicamente, disminuyendo gastos en mantenimiento por disminución de fallas como también en el aumento de producción.

El aporte será en el área técnica ya que al mejorar el mantenimiento de la batidora continua podrá tomarse de ejemplo para mejoras en los planes de mantenimiento a nivel general de la empresa, aumentando de esta forma la calidad de los mantenimientos, así como la rentabilidad del departamento de mantenimiento en el área de planta de producción.

Los resultados esperados se reflejarán principalmente en el costo de cada uno de los helados producidos con este tipo de equipos, ya que al existir una

mejora en el mantenimiento preventivo se tendrá una mejor disponibilidad del equipo y una mejor calidad en los productos.

El esquema de solución propone un estudio compuesto por 3 fases que serán: Estudio del funcionamiento del equipo, análisis de modos de falla que pueda presentar el equipo y por último, con la aplicación de las mejoras en el plan de mantenimiento preventivo, se medirán indicadores que puedan reflejar las mejoras presentadas en el equipo.

La elaboración de la investigación es factible en función de los recursos que se disponen tanto técnicos como de equipos físicos, se dispondrán de materiales básicos, así como de herramientas que se encuentran disponibles en el lugar de estudio.

En el índice propuesto se propone el capítulo I marco teórico, el cual se fundamenta en la producción de helados a nivel industrial, la importancia del cumplimiento de los procesos en distintas áreas de la empresa, como mantenimiento, y también en la calidad de los productos producidos.

En el capítulo II, se hará el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III, se hará la presentación de resultados.

En el capítulo IV, se hará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

El sistema de refrigeración de una batidora es de vital importancia para su funcionamiento ya que este es el que lleva la mezcla a la temperatura ideal para la fabricación del helado. El problema con la sobrepresión radica en el siguiente fenómeno: Si no ingresa el refrigerante en la presión y temperatura correcta es cuando ingresa en estado sólido al equipo, este se fuerza y eleva la descarga por lo que se provoca la sobre presión, en este momento se liberan las válvulas de alivio, en este momento es cuando para el equipo y se tiene que realizar el deshielo o bien si ya es muy tarde, ingresar el gas caliente para que el sistema regrese a su temperatura ideal de funcionamiento. Si la batidora llega a más de 300 PSI es cuando puede pasar una explosión del sistema de refrigeración si este no está bien protegido. La solución principal son los deshielos, pero por eso se plantea un diseño de mantenimiento preventivo para reducir el riesgo de explosión y de paros de producción.

El mantenimiento preventivo es necesario en todas las empresas para que la maquinaria utilizada tenga un constante mantenimiento que sirve para conservar tanto su estructura como las funciones que desempeña el equipo dentro de la empresa, esto es para que garantizar la eficiencia en la planta de producción, el mantenimiento preventivo asegura la fiabilidad en los equipos y ayuda a mejorar la rentabilidad de la empresa. En la fábrica de helados Bayamo se comenzó a utilizar un plan preventivo, pero por problemas políticos este se descuidó por lo que la empresa pasó de implementar un plan de mantenimiento preventivo a uno de correctivos que no resolvía problemas y en cambio bajó la eficiencia y la eficiencia del equipo en la fábrica. (Castro, 2012)

Para llevar un debido control al equipo de refrigeración se debe tener en cuenta varios factores, temperatura, presión y refrigerante que se está utilizando; esto debido a que la relación de presión y temperatura se encuentra relacionada directamente al tipo de refrigerante a utilizar, podemos decir que cada refrigerante tiene una distinta presión dependiendo del refrigerante aunque los dos estén dando la misma temperatura, así pues también se debe de tomar en cuenta la temperatura a la hora de arranque como la final. Otro factor que se estudia actualmente es si el refrigerante es dañino o no para el medio ambiente por lo que esta pregunta debería hacerse si la empresa está en proceso de certificación o si se tiene como objetivo de la empresa mejorar la huella de carbono de la misma. (Padero, 2014)

Para estudiar un sistema de refrigeración las variables de temperatura y presión deben de ser tema de estudio ya que un aumento de temperatura conlleva un aumento de presión y viceversa, estas variables son medibles y controlables por lo que para mejorar la eficiencia de cualquier equipo se puede iniciar primero por establecer estos parámetros y proponer mejoras que logren mantenerlos en un parámetro adecuado y aceptado por el departamento de mantenimiento. La temperatura es una escala para medir la cantidad de energía sobre un objeto y la presión es la fuerza ejercida sobre la sustancia que determina su comportamiento. (Redón, 2014)

Los procesos termodinámicos son procesos que hacen interactuar la temperatura a través de medios que intercambian el calor para ya sea retirarlo o agregarlo, En un cuarto frío que contenga alimentos el sistema de refrigeración remueve el calor de los alimentos para que estos bajen su temperatura y se puedan conservar, este calor se mueve al exterior por medio del sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración debe ser capaz de sustraer el calor de

los alimentos que se encuentren en los cuartos fríos para que estos puedan mantener la cadena para evitar la descomposición. (Córdor, 2019)

Existen distintos tipos de falla que pueden llevar a un equipo a que afecte su funcionamiento o bien a hacer que el equipo se detenga, la falla por enfermedad es aquella que presenta el equipo ante el desgaste sin tratar en sus piezas mecánicas, para evitar este tipo de fallas se debe de realizar un mantenimiento predictivo o preventivo que pueda atacar la falla antes que se desarrolle y cause problemas mayores. El análisis de modos de falla es una ruta a tomar si lo que se desea hacer es mejorar el departamento y la forma de actuar ante las fallas de los equipos y también si se piensan proponer mejoras ante una gerencia o jefatura. (Hernández, 2013)

La implementación del mantenimiento según las normas de las 5S en el área de manufactura de componentes electrónicos ha sido de gran utilidad en cuanto a almacenaje y descarte de piezas que se encuentran en el inventario, esté redujo en más del 40 % tiempos puertos por lo que la productividad aumentó y el manejo del inventario sufrió una transformación positiva. Las inspecciones realizadas por técnicos deben ser asertivas por lo que si se comienza a implementar las 5S debería de incluirse un plan de capacitaciones para que todo el departamento este en la misma sintonía en cuanto a qué significa una señal de alerta. (Valenzuela, 2020)

Para establecer un sistema ideal de mantenimiento primero se debe de definir que es ideal para la empresa y la meta a la cual debemos llegar, esta meta debe de basarse en parámetros reales y confiables para todos los usuarios involucrados en el proceso, solo así se puede establecer una mejora. También si se piensa comenzar una nueva gestión se debe incluir un análisis financiero sobre qué es lo que se espera mejorar y qué beneficio se tendrá sobre esta nueva

gestión de mantenimiento. Así mismo responder tres preguntas principales: A donde quiero llegar, qué es eficiencia para el departamento y qué presupuesto poseo para realizar mis dos preguntas anteriores. (Alfonso, 2016)

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se da a conocer el planteamiento del problema resolviendo el cuestionamiento de cómo mejorar el plan de mantenimiento de una batidora continua marca Matrix modelo CFI 1200-E a través del estudio de sistemas del equipo, análisis de variables y con un nuevo plan de mantenimiento.

3.1. Descripción del problema

Actualmente los sistemas de refrigeración son de vital importancia para las empresas productoras de helados, tal es el caso de las batidoras continuas que tienen como función principal la producción de helado ya que estas cuentan con un sistema de refrigeración que tiene como función congelar el helado que se produce constantemente en el cual según observación realizada, existe el problema de sobre presión en el evaporador ya que este tiende a congelar el refrigerante que pasa en el sistema de refrigeración que se encuentra en la batidora continua marca Matrix.

3.2. Delimitación del problema

La falta de sensores térmicos, la mala adaptación del equipo o el mal diseño y la falta de mantenimiento preventivo son causas que dan lugar al problema y genera daños en el sistema de refrigeración, específicamente en el evaporador, cuando no se encuentra en óptimo funcionamiento por lo que es necesario realizar deshielos con alta frecuencia y también la mezcla demora más tiempo del necesario para llegar a la temperatura ideal que exige control de

calidad para comenzar a producir los helados, esto conlleva a realizar paros totales o parciales de la producción.

Para darle solución al problema se plantea una pregunta central de investigación y tres preguntas auxiliares que dan lugar a cómo poder abordar el problema.

3.3. Formulación de preguntas orientadoras

Las siguientes preguntas propuestas en función de la pregunta central y tres preguntas auxiliares.

3.3.1. Pregunta central

¿Cuál es el plan de mantenimiento preventivo para evitar la sobrepresión en el sistema de refrigeración de una batidora continua marca Matrix?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son las razones por las que se presenta la sobrepresión de un sistema de refrigeración?
- ¿Cuándo es necesario realizar los deshielos al evaporador del sistema de refrigeración para evitar la sobrepresión en el sistema de refrigeración?
- ¿Qué beneficio se obtiene al ejecutar un plan de mantenimiento preventivo al sistema de refrigeración?

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de la investigación se enfoca el aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento, debido a que los sistemas de refrigeración en la industria alimenticia, específicamente helados, es de gran importancia y utilidad. En la fabricación de helados se cuenta en casi todos los equipos con un sistema de refrigeración ya sean equipos auxiliares como en la mismas maquinas donde pasa la mezcla, el propósito de este sistema en las maquinas es extraer el calor de la mezcla y bajar la temperatura para que esta sea ideal para que se pueda crear el helado. Otros sistemas de refrigeración que se cuentan en una planta para helados son unidades de refrigeración de tornillo, chillers y torres de enfriamiento, estas al igual que los demás sistemas de refrigeración son de alta criticidad para la empresa

La necesidad de la investigación es debido a la importancia de los equipos de batidoras continuas por su gran uso en la industria de helados y ya que estos equipos han tendido a fallar repetidamente a lo largo de los años por lo que se necesita indagar más sobre su sistema de refrigeración para disminuir las fallas y aumentar su vida útil. Las batidoras continuas son equipos que sirven para transportar mezcla para hacer helado y convertirla de una temperatura alta a una baja, en esta máquina también se le inyecta aire a presión a la mezcla por lo que estas batidoras son especialmente para producir helados cremosos que necesitan estar a baja temperatura para colocarlo en sus moldes o empaques y también que necesitan tener cierta cantidad de aire en su mezcla para formar el helado cremoso ideal.

La importancia de la solución es para aumentar la confiabilidad en los equipos y mejorar no solo la vida útil del equipo sino también para mejorar la rentabilidad de estos equipos en cuanto a producción.

La motivación de la investigación surge a partir de que las batidoras continuas cuentan con un plan de mantenimiento mensual en el cual se revisa tanto el área eléctrica, mecánica, neumática y de refrigeración, estos trabajos se realizan de forma mensual y trimestral, sin embargo se tiene la problemática de que siguen apareciendo fallos en la maquinaria con cierta frecuencia, en especial en el sistema de refrigeración por lo que se propone un estudio para determinar un nuevo plan de mantenimiento a la batidora en general y en especial al sistema de refrigeración ya que este presenta constantemente sobrepresión en el evaporador lo que causa paradas constantes en la producción y también gastos de mano de obra como de puestos en el departamento de mantenimiento.

El beneficio del estudio es mejorar la vida útil de la batidora, su eficiencia y de esta forma que se refleje una mejora en los precios indirectos de producción e igualmente que se mejore la calidad de los mantenimientos en el departamento. El departamento de mantenimiento cuenta con técnicos de refrigeración y mecánicos los cuales

El estudio beneficiará a personal tal como al personal de mantenimiento reduciendo fallas y aumentando la disponibilidad del equipo, a producción haciendo que tengan más ganancias por la mejora de eficiencia del equipo y a gerentes y jefes tanto de producción como mantenimiento aumentando la rentabilidad en cada uno de los departamentos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo al sistema de refrigeración de una batidora marca Matrix que ayude a evitar la sobrepresión en el sistema de refrigeración.

5.2. Objetivos específicos

- Estudiar el funcionamiento de la batidora continúa examinando los sistemas mecánicos y de refrigeración, estableciendo los parámetros estándar que ésta deba cumplir.
- Determinar las posibles causas de sobrepresión en el sistema de refrigeración y proponer mejoras en el mantenimiento para que la eficiencia de la batidora mejore.
- Establecer rutinas de mantenimiento en base a los estudios realizados que ayuden a mejorar la eficiencia de la maquinaria y eviten fallos en el sistema de refrigeración.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En la industria de producción de helados se utilizan las batidoras continuas, estos son equipos productores de helado que tienen como fin inyectar aire a la mezcla al mismo tiempo que esta es enfriada por medio de un sistema de refrigeración, por lo que pasa de una alta temperatura a una baja para que se logre una consistencia cremosa predeterminada por el departamento de investigación, y posteriormente se vacía en los moldes, cajas o empaques correspondientes. La batidora continua Matrix CFI 1200E es un equipo que constantemente tiene problemas con el sistema de refrigeración ya que si no se tiene un control sobre la temperatura de enfriamiento del evaporador puede provocar que la tubería se congele y el refrigerante deje de pasar por el sistema y este retorne al compresor y ocasionando fallas mayores en el equipo.

En consideración la investigación propuesta denominada “plan de mantenimiento preventivo a sistema de refrigeración de una batidora continua Matrix” pretende mejorar la eficiencia de las líneas de producción en donde se tenga una batidora Matrix y también de mejorar la calidad de los helados producidos, así mismo mejorará la vida útil del equipo y ayudará a reducir costos de producción y mantenimiento por paradas de producción no programadas.

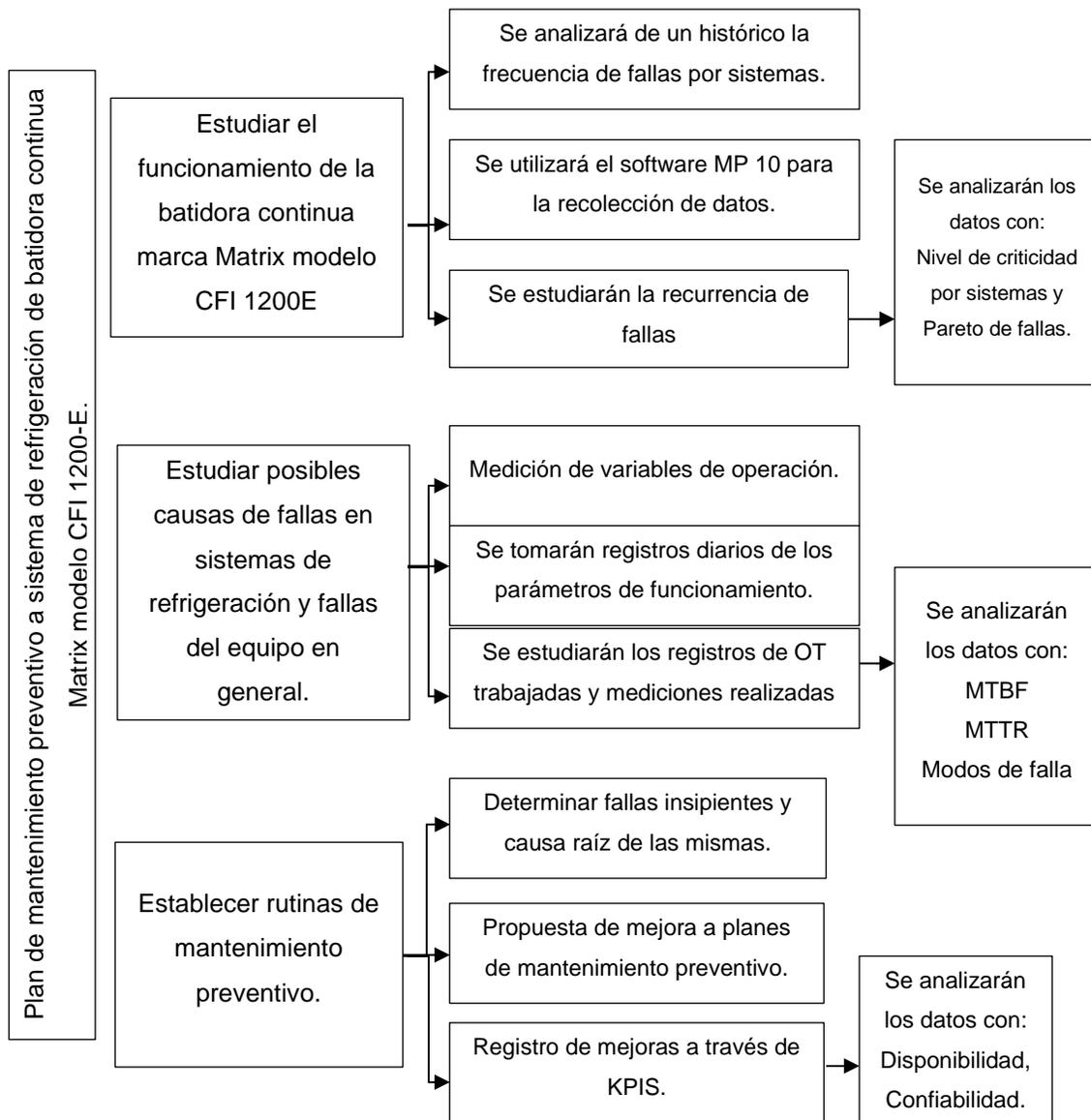
El estudio pretende no solo solventar los problemas de refrigeración del equipo si no llegar a la causa raíz de los tipos de falla que se presentan en el equipo adicionalmente de fallas en refrigeración.

La investigación abarcará temas tanto de refrigeración, mecánicos, eléctricos y neumáticos, así mismo se estudiarán los sistemas auxiliares que

cuenta el equipo para dar un campo de investigación más amplio sobre las fallas que presenta el equipo.

Figura 1.

Esquema de investigación



Nota. Esquema de solución a problemática de batidora continua Matrix CFI 1200 E. Elaboración propia, realizado con Word.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Producción de helados

La industria alimenticia se basa en la producción de alimentos para el consumo tanto de humanos como también para el consumo de animales, esta cuenta con diversos procesos y procedimientos para su producción, comercialización, venta y consumo final. Las industrias alimenticias en la actualidad ocupan un papel importante ya que permiten obtener alimentos de forma rápida, constante y con diversidad de opciones. Una industria alimenticia cuenta con diversos procesos que tienen como fin entregar un producto final, algunos procesos a mencionar son: Recolección de materia prima, almacenamiento, producción del producto y finalmente conservación y comercialización de los alimentos hasta que lleguen al consumidor final.

La producción de helados industrialmente involucra operaciones que son realizadas por distintos departamentos dentro de la empresa, estas operaciones siguen una línea de operabilidad la cual inicia con la recepción de materia prima, seguida por la producción como tal de los helados que sería la elaboración de mezcla en el área de cocina y luego la creación del helado por medio de equipos de enfriamiento que logran llevar la mezcla de una temperatura alta a una baja a través de un equipo que contiene un sistema de refrigeración por la cual la mezcla es transportada para que esta se congele y lograr obtener un helado, posteriormente se pasa al empaqueo del producto y finalmente se almacena en un cuarto frío. La cadena de productividad sigue con la comercialización, transporte y venta de los helados.

Hace algunos años la producción de helados tomaba bastante tiempo en comparación a los procesos que se desarrollan en la actualidad, esto debido a que en la actualidad se han creado equipos más eficientes y, por lo tanto, más rápidos en temas de congelamiento del producto, se puede dar el ejemplo de la creación de un helado cremoso, que anteriormente la mezcla se preparaba, se dejaba congelar por cierto tiempo para luego ser colocado en un molde y posteriormente volver a ser congelado para su comercialización, en temas tiempo esto tomaba alrededor de 5 veces más que en la actualidad, un proceso de producción de helados cremosos actual sería en la creación de la mezcla y posteriormente esta mezcla pasaría por un equipo llamado batidora continua que inyectaría no solo aire a la mezcla para que este helado se vuelva cremoso sino que también para que este llegue a la temperatura ideal de empaçado.

Los helados son alimentos de tipo congelado, estos son creados, por lo general, por una mezcla que contiene más dos ingredientes de distinto origen, existen tres categorías de helados principales: Helados de agua, helados de leche y helados de crema. Entre la maquinaria utilizada para la producción de helados se puede mencionar: Tanques de cocinas (marmitas), tanques de mezcla, homogenizador, intercambiador de placas, tanques maduradores y la mezcla puede ser procesada para su congelamiento y empaque en una paleta, batidora continua, túnel de congelamiento y finalmente es empaçado en una empaçadora industrial. (Ruiz, 2017, p. 13)

7.1.1. Procesos de producción

Los procesos de producción son todos aquellos procesos que tienen como fin convertir materia prima en un bien o producto final. La materia prima sufre transformaciones para obtener producto con el fin de satisfacer una necesidad, estos pueden ser procesos productivos en serie, por pedido o por lote.

“Los procesos de producción están formados por una secuencia de operaciones dirigidas a transformar materias primas en productos, bienes o servicios, utilizando las instalaciones, el personal y los medios tecnológicos adecuados” (Olarte, Botero, Cañon, 2010, p. 354).

Los procesos productivos se dividen en 3 distintas categorías las cuales son: Factores de producción, proceso de producción y productos de producción.

- Factores de producción: este factor se consideran los elementos necesarios para el arranque de producción por lo que se pueden mencionar: Materiales, inversión económica, maquinaria y el factor humano.
- Proceso de producción: en este factor se considera la mano de obra y todos los equipos necesarios para realizar la labor de producción, aquí se considera todo lo necesario para desarrollar el trabajo de producción ya sean personas que trabajen por servicios subcontractados como personal fijo de distintos departamentos como podría ser personal de producción, mantenimiento, control de calidad, entre otros.
- Productos en producción: esta fase es lo que se espera obtener al finalizar la producción y se contrasta lo esperado por producir contra lo obtenido.

7.1.2. Procedimientos de producción

Los procedimientos de producción son series de instrucciones que se deben de seguir para que los operarios de producción o el personal que trabaja en distintas áreas pueda completar las etapas de cada proceso. En todo caso hay procedimientos para recepción de materia prima, procedimientos para formular y preparar la mezcla utilizada en producción, procedimientos de producción de cada tipo de helado, entre otros.

Al personal de cada área se le da una inducción cuando inician a trabajar sobre los distintos procedimientos que tendrán que desarrollar en sus labores diarias, por lo que, estos se dejan en claro al iniciar a producir un producto nuevo y así mismo si tienen algún cambio se debe de capacitar al personal para que pueda conocer los nuevos procedimientos, si en dado caso estos alteran algún paso que deba seguir el personal.

Un diagrama de flujo es la representación gráfica que muestra las acciones a seguir de un procedimiento de forma visual. En los diversos procesos de producción industrial se pueden encontrar diagramas de flujo, tanto para producción, mantenimiento, materia prima, entre otros.

En mantenimiento los diagramas de flujo utilizados son utilizados para que se siga un orden en las revisiones del equipo y así lograr una mayor eficiencia tanto en tiempo del mantenimiento y también para que se no se pase desapercibida una revisión o cambio de pieza que pueda provocar alguna falla en el futuro.

7.1.3. Control de calidad en plantas de alimentos

“La calidad de los alimentos y los atributos que caracterizan no son inalterables y van evolucionando según se van desarrollando las estructuras socio-culturales y económicas de nuestra sociedad” (Gallego, 2012).

En cada nivel de la cadena alimentaria contribuye la calidad de los alimentos y la seguridad. En la producción primaria se ve la calidad en el proceso de cultivo, cría o producción, se deben de garantizar las condiciones higiénico-sanitarias y se deben de controlar los brotes de plagas y enfermedades que puedan adquirir los animales, frutas o verduras en su etapa inicial, El siguiente nivel es el área de fabricación de alimentos, este eslabón lo constituyen las industrias agroalimentarias que transforman la materia prima en un producto final que es comercializado, el proceso de comercialización del producto final también lleva un control de calidad para garantizar la calidad del producto hasta llegar a su consumidor final. Todo el control de calidad en las distintas fases del proceso debe de evitar impactos negativos en el medio ambiente. El último eslabón lo constituyen los consumidores finales, por lo que se deben de colocar en las etiquetas de los productos información veraz y detallada de los alimentos. (Gallego, 2012, p. 23)

En la fabricación de alimentos el departamento de control de calidad determina los parámetros en cuanto a peso, sabor, textura y consistencia de los

productos a producir, por lo que para que la calidad de los alimentos sea aceptada por control de calidad la maquinaria debe de ser capaz de poder dar esos parámetros que se piden, como se puede mencionar tiempo de corte entre empaques, tiempo de congelado de helados, cantidad de aire inyectado a helados cremosos y sello correcto en los productos producidos.

7.2. Mantenimiento industrial

El mantenimiento es la realización de diversas actividades con el fin de preservar un activo en buenas condiciones, realizando actividades de control, reparación y modificación a los equipos, también incluye actividades de reparación.

“El mantenimiento tuvo su aparición en la industria hacia 1950 en Estados Unidos. Mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos” (Mora, 2009, p,11).

El mantenimiento industrial es llevado a cabo por técnicos de distintas especialidades los cuales tienen como objetivo detectar fallas o discontinuidades en maquinaria y darle solución. El mantenimiento industrial ha evolucionado a través de los años, por lo que, en una industria que está comenzando es habitual ver que se trabaja más el mantenimiento reactivo y que no tienen un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que poseen.

“En la fase I de mantenimiento se deben de incluir elementos para sostener los equipos como lo son las órdenes de trabajo, herramientas, repuestos e insumos de mantenimiento” (Rey, 1996).

“En la fase número 1 de mantenimiento se realizan actividades de recolección de datos, análisis de datos y con esta información se lleva a cabo la creación de un plan de mantenimiento con el objetivo de minimizar la aparición de fallas que conllevan paradas repentinas de los equipos” (Mora, 2009, p. 13).

El mantenimiento a través de la historia ha evolucionado y este se ha transformado de realizar correcciones y reparaciones día con día a ser un sistema de gestión especializado en la detección de fallas y el control de las mismas.

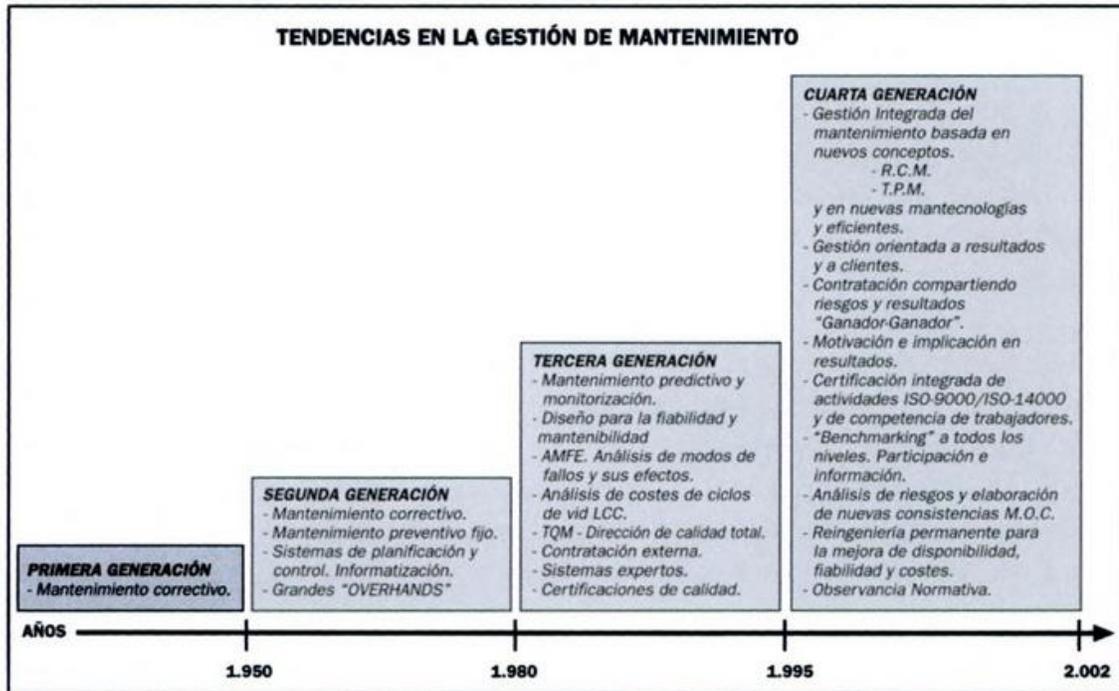
- Mantenimiento reactivo: el mantenimiento reactivo es más antiguo y es un sistema que se sigue trabajando hoy en día, este tipo de mantenimiento va enfocado en la corrección de fallas que se presentan de manera repentina durante producción.
- Mantenimiento preventivo: este tipo de mantenimiento sigue en la escala de evolución el mantenimiento ya que a comparación del mantenimiento correctivo tiene una mayor fiabilidad ya que tiene como fin prevenir las fallas antes de que estas aparezcan, este tipo de mantenimiento aumenta la vida útil de los activos, aunque su costo es elevado y el tiempo invertido también es algo alto.
- Mantenimiento basado en la condición o predictivo: el mantenimiento MBC es un mantenimiento que se centra en el monitoreo constante de los equipos con el fin de detectar discontinuidades que predigan fallas futuras, en cuanto a costos este tipo de mantenimiento es algo elevado por los análisis y los especialistas encargados de realizarlos, pero tiene una mejor fiabilidad que el mantenimiento preventivo y es utilizado mayormente en industrias que no tienen posibilidad de parar los equipos seguidos o en activos complejos. Otra ventaja de este mantenimiento es que el costo de

repuestos disminuye ya que el cambio de repuestos se realiza cuando es necesario y no es tan constante como en el mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento proactivo: el mantenimiento proactivo se dirige a la detección y corrección de fallas, este tipo de estrategia se emplea en equipos que tienden a tener repetitivas fallas del mismo origen, por lo que estas fallas detectadas son analizadas con el fin de llegar a la causa raíz del problema y así evitar la incidencia de las mismas en los equipos. Este tipo de mantenimiento tiene la característica de mejorar la vida útil de los equipos. (Mora, 2009, p, 251)
- Técnicas de mantenimiento avanzado: entre las técnicas de mantenimiento a nivel organización de una empresa se pueden encontrar TPM, RCM, que son técnicas de gestión integrada que engloba las tecnologías de distintos tipos de mantenimiento para lograr una gestión de mantenimiento que no solo mejora la fiabilidad de los equipos y su vida útil si no que es una gestión integral de activos, repuestos, presupuesto y técnicas de estudio científico y practico. (González, 2005)

Figura 2.

Evolución del mantenimiento industrial



Nota. Evolución de mantenimiento industrial. Obtenido de F. González (2,005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* (p. 37.) Editorial FC.

7.2.1. Mantenimiento en industrias alimenticias

Mantenimiento en una industria de fabricación de alimentos tiene como función principal mantener los equipos en funcionamiento para que producción pueda cumplir sus metas diarias establecidas. Así mismo mantener los activos y mantener la calidad de los productos a través de las BPM y sus normas.

Mantenimiento debe cumplir las siguientes tareas:

- Aseguramiento de arranque de equipos al inicio de turno.
- Modificaciones a equipos, si lo requiere, por cambio de producto.
- Reparaciones por fallas imprevistas
- Aseguramiento del estado de planta de producción.
- Realización de tareas de mantenimiento a equipos.
- Modificación a equipos, si son necesarias.

7.2.2. Tipos de mantenimientos

Existen diversos tipos de mantenimiento en la actualidad, como se explicó al inicio, se tienen distintas clases de mantenimiento y mantenimiento preventivo se puede dividir en tres clases las cuales serían: Mantenimiento predeterminando y mantenimiento basado en la condición, esto según la norma EN 13306.

“La norma EN-13306 denominada “Terminología del mantenimiento” trata sobre los distintos tipos existentes de fallos, estados de fallas y tipos de mantenimientos y estrategias. Este contiene un organigrama que se basa en los dos tipos de mantenimiento fundamentales que serían mantenimiento preventivo y correctivo” (González ,2005, p.60).

Figura 3.

Mantenimiento preventivo según norma EN 1330



Nota. Mantenimiento preventivo basado en la norma EN 13306. Obtenido de F. González (2,005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* (p. 61.) Editorial FCI.

El mantenimiento predeterminado se puede dividir en mantenimiento autónomo y mantenimiento sistemático.

7.2.2.1. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es el tipo de mantenimiento que consiste en dar a los operarios la responsabilidad de realizar tareas de revisión, limpieza, etc., Que son tareas de mantenimiento para los equipos que utilizan, el fin de este mantenimiento es reducir la dependencia de los operarios hacia los técnicos

de mantenimiento para tareas sencillas de inspección y reparación que puedan realizar ellos mismos.

Otra función del mantenimiento autónomo es que se realice un mantenimiento más seguido a equipos pequeños y lograr conservar de mejor forma los equipos y delegar responsabilidad a los operadores y que tengan un mejor cuidado.

Los pasos para la implementación del mantenimiento autónomo son los siguientes:

- Aumentar el conocimiento del operador
- Limpieza e inspección inicial
- Eliminar causantes de contaminación
- Establecer normas de inspección y lubricación
- Realización de inspecciones y seguimiento
- Estandarizar la gestión de mantenimiento visual
- Establecer mejora continua

7.2.2.2. Mantenimiento preventivo sistemático

El mantenimiento preventivo sistemático tiene como finalidad reducir las fallas de maquinaria y aumentar la eficiencia en producción previniendo paros para fallas correctivas, estos mantenimientos incluyen revisiones a sistemas generales del equipo, cambio de piezas con cierta periodicidad, lubricación y ajustes de piezas móviles. El fin de este mantenimiento es prevenir las fallas antes que lleguen cambiando las piezas con un estimado de tiempo indicado por el fabricante o también establecido según históricos recolectados en años anteriores, lubricando el equipo y revisando que los parámetros de operación

estén correctos. Este mantenimiento conlleva un costo por cambio de piezas y mano de obra, pero su ventaja es que se ha demostrado en industrias que el costo beneficio para una planta de producción que paros de línea involucran un alto costo es alto.

Este mantenimiento se lleva a cabo a través de un plan de mantenimiento establecido a inicio de año, se crean manuales en los cuales se establecen las actividades a realizar por equipos y se lleva un control por el especialista en mantenimiento sobre actividades realizadas y actualización de planes de mantenimiento por envejecimiento de los equipos.

7.2.2.3. Mantenimiento basado en la condición

El mantenimiento basado en la condición o MBC es una estrategia de mantenimiento que se centra en la disponibilidad, fiabilidad o coste de mantenimiento de un equipo.

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo a través del monitoreo constante de un equipo que permite realizar el diagnóstico de un equipo y advertir la falla inicial que se puedan presentar. Estas fallas detectadas a través de este tipo de mantenimiento se pueden analizar y programar reparaciones o paros que no afecten al área de producción o que no impacten tanto en tanto a costos.

Este mantenimiento tiene como objetivo mejorar la vida útil de un activo, aumentar la eficiencia y productividad del mismo. Los parámetros a elegir para el MBC son de gran importancia y antes de comenzar a implementar este tipo de mantenimiento en los equipos se deben de realizar ciertas preguntas sobre ¿qué es lo que esperamos de este mantenimiento?, es claro que se tiene como fin

reducir fallas en maquinaria, pero si se quieren reducir fallas en maquinaria que parámetros son los que pueden indicar si un equipo puede o no fallar.

El MBC contempla de igual forma ensayos no destructivos que tienen como fin verificar el estado de un equipo y determinar si existe alguna discontinuidad que pueda ser reparada antes de que esta origine una falla mayor, algunos pueden ser:

- Análisis de vibraciones
- Termografía infrarroja
- Análisis de aceite
- Mantenimiento ultrasónico

Los análisis escogidos se deberán de basar en qué tipo de controles se quieren tener, que tipo de equipo se trabajará y también en la economía de la empresa.

7.3. Maquinaria utilizada en una línea de producción de helados

Existen diversos tipos de helados, cada tipo de helado tiene su procedimiento de producción en el cual se utilizan diversos equipos los cuales pueden variar dependiente el tipo de helado. Los helados cremosos se crean a partir de batidoras continuas que son equipos que inyectan aire a la mezcla y la bajan de una temperatura alta a una baja para poder ser procesada.

7.3.1. Batidora continua marca Matrix modelo CFI 1200-E

Una batidora Matrix es un equipo para creación de helado de tipo cremoso ya que inyecta aire a la mezcla lo que la hace tener su consistencia cremosa, contiene un sistema de refrigeración y un sistema neumático, adicional de su sistema eléctrico y mecánico.

Figura 4.

Batidora continua Matrix CFI 1200-E



Nota. Fotografía equipo Matrix CFI 1200-E. Obtenida de Matrix Engineering, S.A. (2021). *Manual de instalación, uso y mantenimiento de batidora Matrix modelo CFI 1200-E.* Italia. Autor.

La batidora utiliza los siguientes sistemas:

- Sistema eléctrico: en el sistema eléctrico se encuentran todas las conexiones correspondientes suministro eléctrico, actuadores eléctricos,

indicadores lumínicos, actuadores neumáticos y conexiones a los demás sistemas.

- Sistema mecánico: el sistema mecánico cuenta con fajas, aspas, motor y sistema de poleas.
- Sistema de refrigeración: el sistema de refrigeración cuenta con un evaporador de concha y tubo, condensador de placas, compresor semi-hermético, válvula de expansión y adicionalmente con conexión a sistema de torre de enfriamiento.
- Sistema neumático: el sistema neumático incluye racores y conexión con un sistema de aire comprimido general de la planta de producción.
- Sistema de instrumentación: el sistema de instrumentación son todos los manómetros que se encuentran en el equipo para el control de presiones.

Tabla 1.

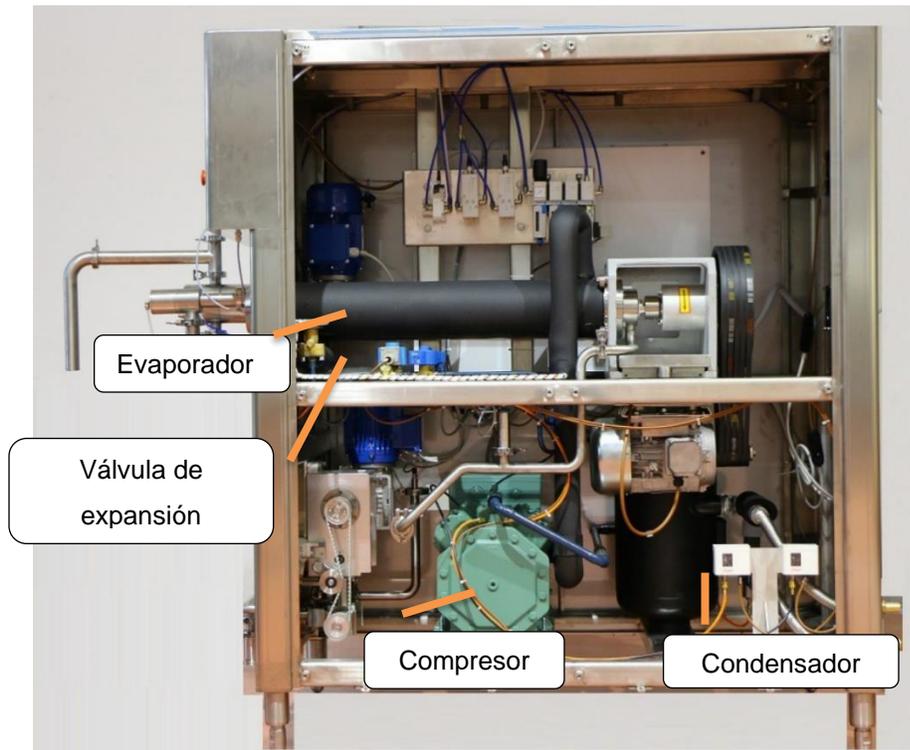
Parámetros de funcionamiento de batidora Matrix

pos.	Description	connection	Fluid	Pressure	Temperature	Flow
1	Ice cream inlet	1" ½ clamp	ice cream mix	1-3 BAR	+2/+6 °C	350 lt/h
2	Ice cream outlet	1" ½ clamp	ice cream	1-10 BAR	-4/-9°C	350-700 lt/h
3	Cooling water inlet	1" gas	Water	3-6 BAR	+15/+28 °C	3.6 mc/h
4	Cooling water outlet	1" gas	Water	P-Drop 0,4 BAR	+20/+35 °C	3.6 mc/h
5	Compressed air	8 mm. Fast	Air	6-8 BAR	+15/+25°C	20 nl/min
6	Electric power installed	3 + N + T	V400/3ph/50Hz	17 kw		
7	Ventilation fans					
8	Ice cream mix overpressure valve					

Nota. Los parámetros de funcionamiento de la batidora. Obtenida de Matrix Engineering, S.A. (2021). *Manual de instalación, uso y mantenimiento de batidora Matrix modelo CFI 1200-E.* Italia. Autor.

Figura 5.

Sistema de batidora continua Matrix



Nota. Sistema interno de batidora Matrix. Obtenida de Matrix Engineering, S.A. (2021). *Manual de instalación, uso y mantenimiento de batidora Matrix modelo CFI 1200-E.* Italia. Autor.

7.4. Equipos auxiliares utilizados en una línea de producción de helados

Para el uso de la batidora continua Matrix se emplean dos equipos auxiliares que complementan el funcionamiento de la batidora, estos equipos son torre de enfriamiento y compresor de aire, la torre de enfriamiento sirve para el intercambio de calor que se realiza con el condensador del sistema de

refrigeración y el aire comprimido para inyectar aire a la mezcla y obtener el helado cremoso.

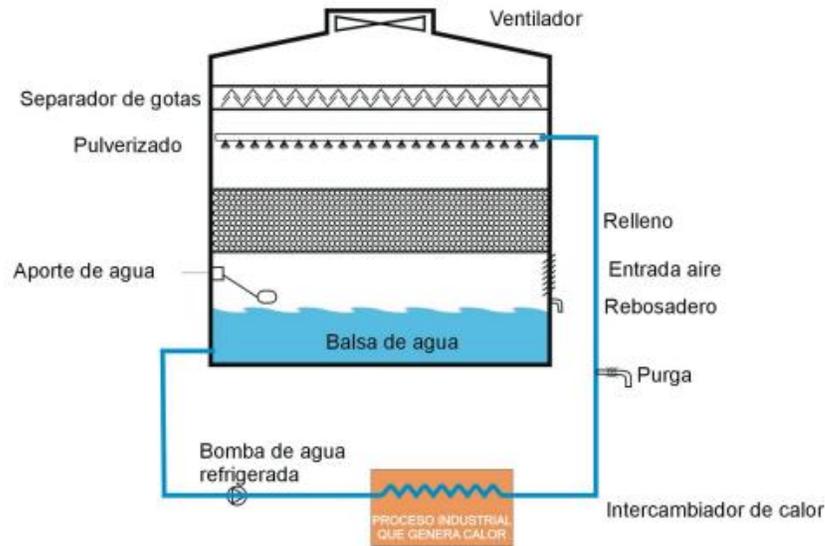
7.4.1. Torre de enfriamiento

“Las torres de refrigeración son sistemas mecánicos destinados a enfriar masas de agua en procesos que requieren disipación de calor” (Cruz, 2021, p.1).

Las torres de enfriamiento enfrían el agua a través del principio de evaporación, el equipo produce una especie de lluvia que pasa a través de panales de tienen como propósito crear una gota cada vez más pequeña y, de esta forma, el aire del medio ambiente evapora el calor contenido en las gotas y disipando de esta forma el calor, finalmente el agua no evaporada cae en una tina a temperatura baja.

Figura 6.

Torre de enfriamiento utilizada para un proceso industrial



Nota. Torre de enfriamiento utilizada con fines de proceso industrial. Obtenida de Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral (2020). *Guía técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones.* (<https://www.autocontrolplan.es/guia-legionella-torres-de-refrigeracion-y-condensadores-evaporativos/>), consultado el 21 de septiembre de 2023. De dominio público.

La torre de enfriamiento enfría el agua, esta pasa por un tramo de tuberías para finalmente llegar hacia el condensador del sistema de refrigeración de la batidora Matrix, este intercambiador de calor es de placas.

7.4.2. Compresor de aire

Un compresor de aire es un equipo diseñado para tomar aire del ambiente, almacenarlo y comprimirlo dentro del depósito, una vez realizado este proceso es utilizado para enviarlo a distintos sistemas que se encuentren en la planta de producción. Estos realizan diversas tareas como accionar circuitos neumáticos,

que en una planta de producción son de gran utilidad ya que la tecnología más avanzada actualmente es accionada por circuitos neumáticos.

En la producción de helados tiene función de activar circuitos neumáticos, pero adicionalmente se utiliza para inyectar aire comprimido a la mezcla en sistemas de batidoras continuas y esto hace que la mezcla se vuelva cremosa, por lo que este sistema es de vital importancia para el uso adecuado de una batidora Matrix.

El suministro de aire comprimido es de gran importancia en la producción de alimentos y en algunos casos forma parte de su materia prima por lo que se debe tener un control en cuanto al aire que se utiliza y forma parte de la calidad de los alimentos producidos, por lo que el aire utilizado en la fabricación de alimentos es un aire que fue tratado para mantener estándares de sanidad y calidad.

Compresor de tornillo lubricado: Son equipos que vierten aceite en la cámara de compresión. El aceite enfría y lubrica el elemento compresor, esto ayuda a minimizar el calor del proceso y minimiza las fugas.

7.5. Eficiencia en el mantenimiento

La eficiencia es la capacidad de realizar una tarea de forma adecuada utilizando la menor cantidad de recursos y en el mejor tiempo posible, logrando entregar un trabajo de buena calidad.

La eficiencia en el área de mantenimiento se mide a través de distintos parámetros como lo son la mano de obra utilizada, el consumo de repuestos y también la eficiencia del mantenimiento realizado, en este último se mida la

cantidad de fallas que presenta la maquina luego del mantenimiento y con este parámetro se mide si fue eficiente el mantenimiento o no.

7.5.1. Buenas prácticas de manufactura en el mantenimiento

Las buenas prácticas de manufactura son un conjunto de reglas y principios que se implementan en una empresa cuando esta requiere un sistema de inocuidad alimentaria. El principal objetivo es garantizar condiciones favorables para la producción de alimentos, estas crean una cultura de prevención, concientización y cumplimiento hacia las normas establecidas. (Hernández, 2018)

Las buenas prácticas de manufactura se aplican en industrias donde se procesas, empaquetan y distribuyen alimentos, también a la maquinaria y equipo utilizado durante la producción, personal de operación y a los productos utilizados para la fabricación de productos, como la materia prima. (Baquero, 2004, p. 4)

Los sistemas HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) y las BPM (buenas prácticas de manufactura) son parte del sistema de gestión de calidad de industrias de producción de alimentos, cosméticos, farmacéuticos, entre otros.

El análisis de peligros y puntos de control críticos HACCP/BPM, es un sistema de gestión que permite identificar peligros potenciales en cada fase de producción y manejo de productos alimenticios hasta que este llegue al consumidor final.

Buenas prácticas de manufactura en equipos: La selección de equipos debe ser coherente a las operaciones que se desean realizar, al tipo de alimento que se fabrica y de acuerdo a las necesidades que solicita producción. Así mismo seguir los siguientes requisitos:

- Ser de materiales que no transmitan sustancias tóxicas, olores, sabores y que no reaccionen a ingredientes que se utilizan en el proceso de producción.
- No deben ser de madera u otro material que no pueda limpiarse.
- Ser de sencilla limpieza.
- Deben ser de materiales resistentes.
- Debe existir espacio entre equipos para el buen desplazamiento de personal y productos.
- Deben ser materiales de acero inoxidable o que eviten la corrosión al ser sometidos a repetitivos ciclos de limpieza.

Buenas prácticas de manufactura en personal: El personal que este en contacto con los alimentos a producir deberán de mantener su cuidado personal y limpieza y seguir los siguientes requisitos:

- Deberán ser sometidos a exámenes médicos antes de iniciar a trabajar en la empresa y cada cierto tiempo.
- Utilizar uniformes adecuados.
- Mantener la higiene personal.
- No comer durante horario laboral.
- No utilizar joyas o bisutería, maquillaje, barba y deberá mantener las uñas cortas y sin esmalte.
- Utilizar redecilla y mascarilla en sus labores diarias.

- Para visitantes, se deberán de cumplir las mismas normas que para el personal operativo fijo (Baquero, 2004, p. 4).

7.5.2. Seguridad industrial en mantenimiento

La salud y seguridad ocupacional se puede definir como el análisis y las acciones que se toman en los lugares de trabajo, ya sean plantas de producción, oficinas, centros de construcción, entre otros, para el control y evaluación de zonas de riesgo, agentes nocivos para la salud que intervienen en las actividades de trabajo y que pueden representar un riesgo para la vida y para la salud del trabajador, ya sea a corto, mediano y largo plazo. El objetivo de la salud y seguridad ocupacional es establecer medidas de control y acciones de prevención con el fin de conservar la salud e integridad de los trabajadores. (Díaz, 2012, p. 2)

Existen técnicas de seguridad en el trabajo y se clasifican por distintos aspectos, existen técnicas activas y reactivas. Las técnicas activas son las que se planifican dentro de un programa de seguridad industrial debido a inspecciones y hallazgos de riesgos dentro del lugar de trabajo, estas técnicas se planifican para evitar un riesgo, las técnicas reactivas son las que se planifican luego de que haya ocurrido algún accidente dentro del lugar de trabajo, estas son para evitar nuevamente

un accidente y a partir de este accidente se comienzan investigaciones para evaluar nuevos riesgos. (Díaz ,2012, p.4)

Los riesgos laborales se clasifican según el origen del mismo, se pueden tener riesgos ocasionados por: agentes químicos, agentes biológicos y agentes físicos.

- Agentes químicos son todas aquellas sustancias con las cuales el trabajador tienen contacto durante la fabricación, manipulación, almacenaje, etc., que pueda causar malestares en la salud de los que puedan tener contacto con las sustancias, también sustancias que puedan ser explosivas, inflamables o tóxicas para el medio ambiente.
- Agentes biológicos: son todos aquellos microorganismos que puedan provocar una infección o que puedan alterar la salud de seres vivos o medio ambiente.
- “Agentes físicos: son todos aquellos que generan algún tipo espectro que pueda afectar el ambiente, estructura o salud de los trabajadores ya sean visibles o invisibles, como el ruido, vibraciones, temperaturas, entre otros” (Díaz, 2012, p. 7).

7.5.2.1. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal son equipos de uso diario que permite a los trabajadores resguardar su integridad físico cuando se encuentran expuestos constantemente a peligros ya sean químicos, biológicos o físicos. Este tipo de

equipo se utiliza para proteger al trabajador de riesgos repentinos que pueden darse por distintas causas.

El EPP tiene la función reducir el impacto que resulta del impacto ya sea de la expulsión de un material o energía, o de algún impacto a la hora de realizar un trabajo, existen distintos tipos de protección personal y por lo general están diseñados para un tipo específico de riesgo, por lo que a la hora de elegir el equipo se debe tener en cuenta de qué se quiere proteger al trabajador y que estándar se quiere tener. Para la implementación del equipo de protección personal es necesario dar una capacitación al personal sobre el uso correcto del mismo y para el riesgo que fue diseñado, ya que, aunque se tenga puesto el EPP puede haber accidentes y si el uso es incorrecto puede que este no funcione correctamente y de igual forma se tenga una emergencia. (Davitt ,1995, p, 5.)

Entre los EPP para uso industrial se pueden mencionar: Equipos para protección de cabeza, equipos para protección de ojos, equipos para protección de la cara, equipos para protección de los oídos, equipos de protección de sistema respiratorio, protección de las manos, protección de los pies, correas, cuerdas de salvamiento, entre otros.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MACO TEÓRICO

2.1 Producción de helados.

2.1.1 Procesos de producción

2.1.2 Procedimiento de producción.

2.1.3 Control de calidad en planta de alimentos

2.2 Mantenimiento industrial

2.2.1 Mantenimiento en industrias alimenticias

2.2.2 Tipos de mantenimiento

2.2.2.1 Mantenimiento autónomo

2.2.2.2 Mantenimiento preventivo sistemático

2.2.2.3 Mantenimiento basado en la condición

2.3 Maquinaria utilizada en una línea de producción de helados

2.3.1 Batidora continua Matrix

2.4 Equipos auxiliares utilizados en una línea de producción de helados

- 2.4.1 Torre de enfriamiento
- 2.4.2 Compresor de aire
- 2.5 Eficiencia en el mantenimiento
 - 2.5.1 Buenas prácticas de manufactura en mantenimiento.
 - 2.5.2 Seguridad industrial en mantenimiento
 - 2.5.1.1 Equipo de protección personal

3. RESULTADOS

- 3.1 Análisis de variables
- 3.2 Propuesta de mejoras
- 3.3 Implementación de mejoras

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

En la siguiente metodología se estarán ampliando la forma en que se trabajarán los apartados de características de estudio, unidades de análisis, variables y fases de estudio de la investigación. En características se describirá el tipo de metodología a trabajar a lo largo de la investigación y análisis de los datos que se obtendrán del estudio, en unidades de análisis se definirá con que población se trabajará y el tipo de muestreo a realizar, en variables se definirán las variables a tomar en cuenta para la investigación y fases de estudio será la revisión documental, trabajo de campo y la redacción del documento.

9.1. Características del estudio

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo ya que se estudiarán variables como presión, temperatura, frecuencia entre fallas, etc., y se analizará su comportamiento a través del tiempo.

El alcance será correlacional debido a que se estudiarán las distintas causas por las que el objeto de estudio puede presentar fallas y si estas tienen relación entre sí y de esta forma poder proponer una solución de tipo preventiva.

El diseño será de tipo experimental, pues para el estudio de las variables en sistemas mecánicos, refrigeración, neumático y eléctrico se estarán analizando en distintos escenarios, en el caso de una batidora continua, que serían distintos tipos de mezclas y a partir de esto verificar las posibles causas de un sobrecalentamiento en sistema de refrigeración, adicional de fallas por mantenimiento preventivo en el equipo.

9.2. Unidades de análisis

La población de estudio serán 3 batidoras continuas Matrix CFI1200-E, las 3 batidoras trabajan en distintas líneas de producción y con distintos tipos de mezcla, esto para poder darle a la investigación un campo más amplio de estudio y para analizar el impacto ya sea por mantenimiento, operación y mezcla que puede tener cada batidora sobre la otra. El tipo de muestreo que se estudiará será de forma no probabilística ya que solo se tomará en cuenta el grupo seleccionado para el análisis de información.

9.3. Variables

A continuación, se presentan las variables de estudio para la investigación que se propone.

Tabla 2.

Variables de la operativización

Variable	Definición teórica	Indicador
Sistema de refrigeración, mecánico, eléctrico y neumático	Frecuencia de fallas en cada sistema y como se relacionan entre sí.	Tabla de criticidad Pareto de fallas
Temperatura, presión, amperaje, voltaje	Medición de variables de operación a lo largo de los turnos de producción, registro de OT trabajadas	Grafica de comportamiento de variables
Falla en operación, falla en arranque, falla inesperada	Registro de fallas y tipos de fallas presentadas a lo largo de los turnos de producción.	MTBF MTTR Análisis de modos de falla
KPIS	Indicadores de eficiencia por mantenimiento.	Disponibilidad Confiabilidad

Nota. Tabla de operativización de variables. Elaboración propia, realizado con Word.

9.4. Fases de estudio

Para la realización de este estudio se llevarán a cabo 4 fases que se estarán desarrollando de forma secuencial con el fin de que la fase anterior de apertura a la siguiente de forma coherente. Se comenzará con la redacción documental que es cuando se tomarán todos los datos que nos darán una base para comenzar la investigación, esta fase es de gran importancia debido a que podremos establecer parámetros iniciales y revisar un histórico de la maquinaria, en el trabajo de campo se estarán midiendo las variables de temperatura, presión, voltaje, amperaje, etc., y por lo tanto se tendrá tiempo de realizar un análisis de campo para ver de primera mano los procesos que se realizan con mayor profundidad, en la fase de gabinete se tomarán los datos de campo y se realizará un informe y finalmente en la redacción del documento se presentará el plan final y las conclusiones sobre la investigación.

- Fase no.1: redacción documental

En la redacción documental se tomarán datos de cada una de las batidoras que se analizarán, como primer punto se verificará en el manual los parámetros que indica el fabricante para poder dar inicio a nuestro registro, se realizará el despiece de los equipos para separarlos en sistema mecánico, eléctrico, neumático y de refrigeración, se hará un listado de repuestos críticos del equipo, también se pretende estudiar los equipos auxiliares que tienen relación con la batidora que en este caso serían una torre de enfriamiento y compresor de aire comprimido, con estos datos ya se puede comenzar a trabajar en las variables de la fase de trabajo en campo. Así mismo se utilizará el manual de instalación, uso y mantenimiento para obtener los datos de operación del equipo.

- Fase no.2: trabajo de campo

En esta fase se iniciará utilizando el software MP 10 y se tomará un histórico de datos de los últimos 3 meses de las 3 batidoras sobre las cuales se realizará el estudio (se utilizará el instrumento para recopilación de datos que se encuentra en el apéndice 4).

El trabajo de campo se dividirá en 3 actividades para la obtención de datos y realización de objetivos propuestos:

- Actividad 1: estudiar el funcionamiento de una batidora continua Matrix

Para esta fase de estudio de campo se crearán formatos que nos ayuden a identificar las posibles causas de fallos en los sistemas mecánico, eléctrico, neumático y de refrigeración, para esto se realizará un histórico de 3 meses para obtener la tendencia de fallas por sistema en el equipo. Estas fallas se estarán contando cada semana con el fin de poder detectar posibles causas de falla. (se utilizará el instrumento para recopilación de datos que se encuentra en el apéndice 5).

Se utilizarán los siguientes instrumentos para la medición de variables:

- Manómetro para refrigerante, con este instrumento se medirán las presiones del sistema de refrigeración del equipo, así mismo se estarán tomando datos del tablero del equipo.

- Multímetro, el multímetro se estará utilizando para medir variables de energía en el sistema.
 - Termómetro de sonda, el termómetro se utilizará para medir la temperatura a la que la mezcla está saliendo del equipo.
 - MP software, el software de mantenimiento se utilizará para hacer una recolección de ordenes de trabajo por equipo en los 3 meses de estudio.
- Actividad 2: estudiar posibles causas de sobrepresión en el sistema de refrigeración

Para esta fase en los mismo 3 meses de la toma de variables se podrá ver reflejado (en comparación con las 3 batidoras) cuál falla más y si influye el tipo de mezcla, quien opera el equipo, mantenimientos realizados y ambiente. Esto con el fin de poder establecer modos de fallos que se puedan resolver en la siguiente fase de la investigación.

- Actividad 3: proponer rutinas de mantenimiento preventivo.

Se propondrá un sistema de mantenimiento preventivo en base a fallas encontradas anteriormente, se someterá a prueba en cada batidora y se estudiará el desarrollo de las mismas a través de indicadores de eficiencia que pueda reflejar si está el equipo en mejor estado o si sus fallas persisten, que no sería lo ideal, pero de igual forma se estaría regresando a analizar el paso anterior para volver a proponer tal vez no mejoras en mantenimiento si no en capacitación a personal que opera los equipos (se utilizará el instrumento para recopilación de datos que se encuentra en el apéndice 6).

- Fase no.3: trabajo de gabinete

En el trabajo de gabinete se estará recopilando toda la información obtenida anteriormente para que sea legible y comprensible, la primer variable se tabulará en forma de Pareto de fallas que podrá reflejar el sistema de mayor estudio, en la segunda fase se estará trabajando una gráfica de tendencia con su pendiente para que se pueda observar si hubo alguna alerta de falla a través de las variables medidas, para el estudio de modos de fallas se estarán realizando un diagrama que nos muestre el comportamiento de las variables y poder calcular los indicadores: MTBF, MTTR, análisis de modos de fallas para su estudio de posibles causas y finalmente los KPIS se tabularán por medio de diagramas que logren reflejar de manera sencilla las mejoras que estos pueden tener sobre los datos anteriormente registrados.

- Fase no.4: redacción de documento.

Al finalizar de tabular los datos de campo se procederá a realizar un análisis sobre lo trabajado, tomando los datos de documentación, presentándolos anteriormente y comparando de manera teórica los datos iniciales sobre los resultados y dando conclusiones por cada uno de los objetivos, finalizando con recomendaciones propuestas para el equipo y también entregando un formato de resultados. Esta redacción final vendrá con recomendaciones no solo para operarios del equipo de estudio, sino que se pretende que se tome como base para futuras investigaciones, para determinar un plan de mantenimiento a equipos de diversas clases y que pueda tomarse como guía sobre los pasos a seguir.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

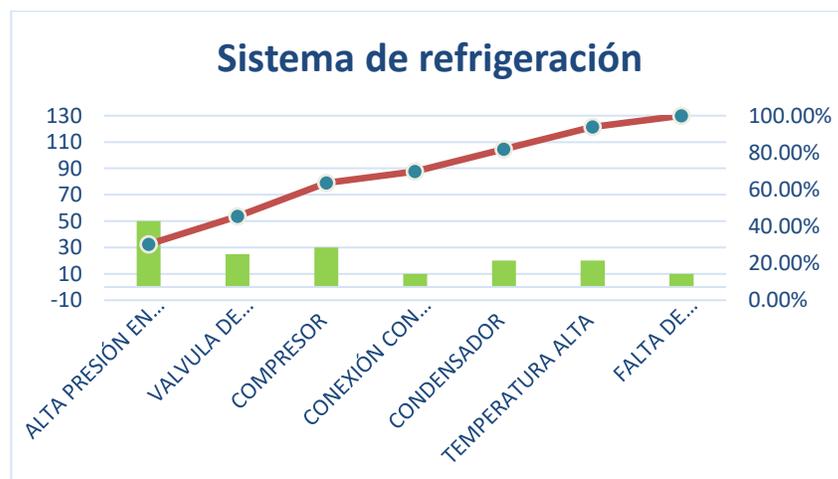
En el trabajo de campo como primer punto se realizarán, en base a los datos obtenidos en revisión documental, formatos para medición de variables por turno de producción.

- Pareto de fallas

Para estudiar el funcionamiento de una batidora Matrix se crearán formatos que nos ayuden a identificar las posibles causas de fallos en los sistemas mecánico, eléctrico, neumático y de refrigeración, se realizarán gráficos de Pareto de falla por equipo para determinar puntos críticos de cada sistema (ver ejemplo en figura 7).

Figura 7.

Pareto de fallas para análisis por sistemas



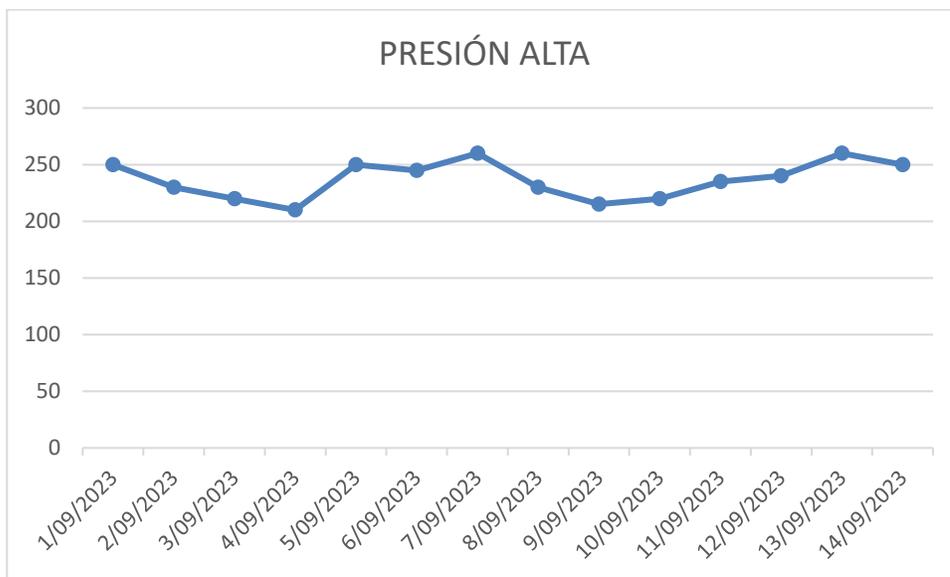
Nota. El Pareto de fallas se hará por sistema mecánico, eléctrico, neumático y refrigeración. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Análisis de datos

La investigación continuará con la realización de mediciones a distintas variables de cada equipo, para esto se realizará un histórico de 3 meses para obtener la tendencia de fallas por sistema en el equipo. Se utilizará un formato lineal con marcadores con el fin de observar las variaciones que puedan tener los datos tomados (ver ejemplo como la figura 8).

Figura 8.

Diagrama lineal con marcadores



Nota. Grafica que muestra el comportamiento de una variable a través del tiempo. Elaboración propia, realizado con Excel.

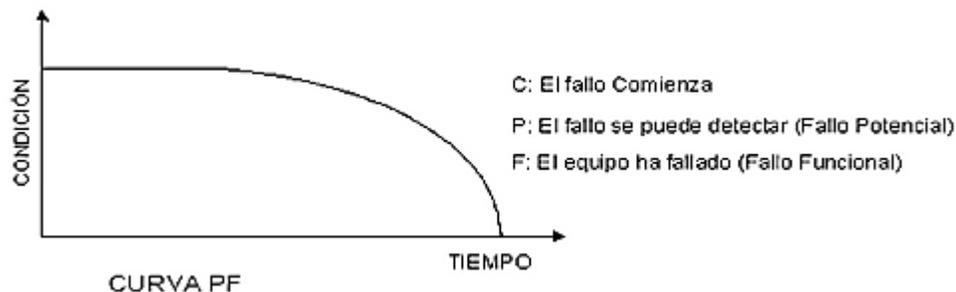
- Estudio de variables

Las posibles causas de sobrepresión se estudiarán en los mismos 3 meses que se estén realizando las mediciones con el fin de poder establecer los modos de falla que tenga el equipo y en las mismas fallas influye el tipo de

mezcla, quien opera el equipo, mantenimientos realizados y ambiente. Se realizará la gráfica de curva PF (ver ejemplo en figura 9).

Figura 9.

Curva PF, condición del activo vs tiempo



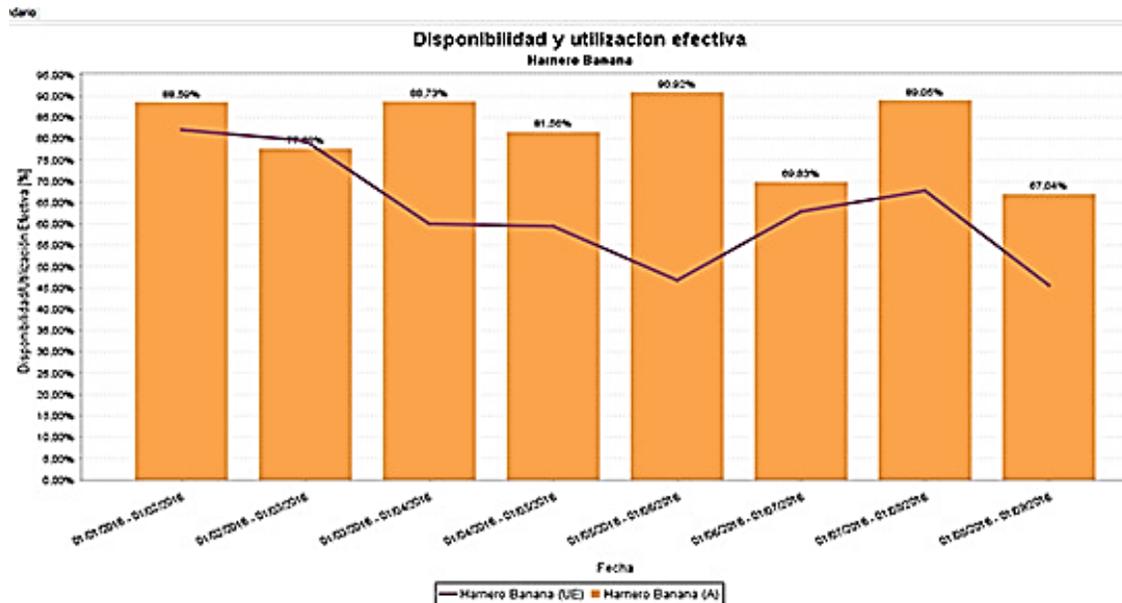
Nota. Las gráficas se elaborarán por variables. Obtenido en A. Plaza (2008). *Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial.* (https://www.google.com.gt/books/edition/Apuntes_te%C3%B3ricos_y_ejercicios_de_aplica/lvdKUuGF2xMC?hl=es&gbpv=1&dq=curva+pf+mantenimiento&pg=PA26&printsec=frontcover), consultado el 21 de septiembre 2023. De dominio público.

- Indicadores de mantenimiento

Se propondrá un sistema de mantenimiento preventivo en base a fallas encontradas anteriormente, se someterá a prueba en cada batidora y se estudiará el desarrollo de las mismas a través de indicadores de eficiencia, se desarrollará una gráfica en la que se pueda observar la disponibilidad y eficiencia de los equipos luego de que se es aplicado el mantenimiento. (Ver imagen de ejemplo en figura 10).

Figura 10.

Disponibilidad y confiabilidad de equipos



Nota. Se realizará una gráfica de disponibilidad y confiabilidad en un gráfico combinado para ver la relación de variables de mejora. Obtenido de RMESSUITE (2017). *Reporte detallado de confiabilidad.* (<https://rmessuite.com/es/reporte-detallado-confiabilidad-rdc.php>), consultado el 21 de septiembre 2023. De dominio público.

11. CRONOGRAMA

Se llevará a cabo el cronograma como es estipulado en la siguiente tabla para la realización de cada uno de los objetivos planteados y cada fase de investigación incluida en la metodología.

Tabla 3.

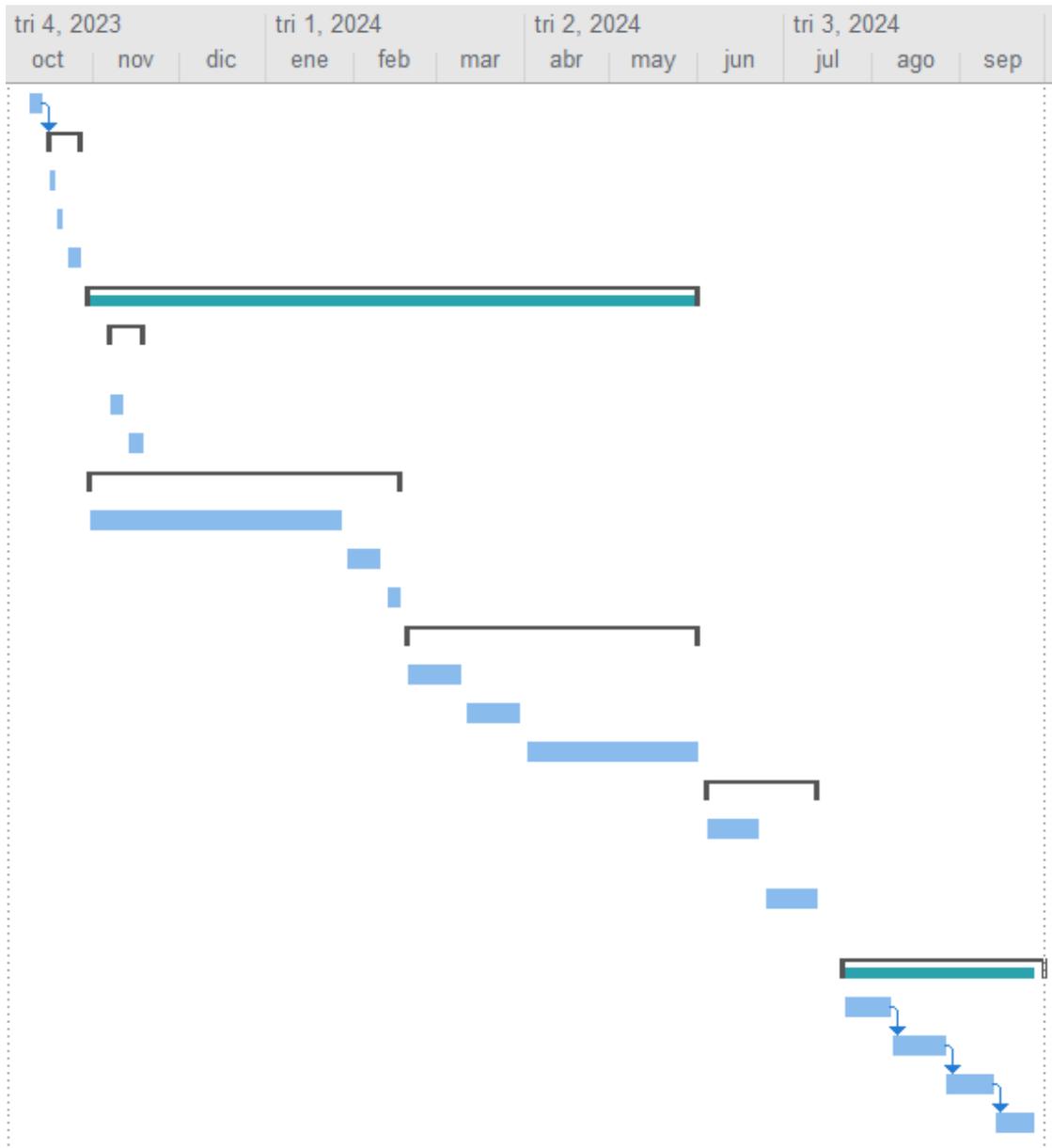
Cronograma de actividades para proyecto final

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Proyecto de graduación	295.38 días	lun 9/10/23	lun 30/09/24
Aprobación del protocolo	6 días	lun 9/10/23	vie 13/10/23
Fase 1. Revisión documental	11.25 días	lun 16/10/23	vie 27/10/23
Recolección de datos	3 días	lun 16/10/23	mié 18/10/23
Realizar histórico de fallas	2 días	jue 19/10/23	vie 20/10/23
Creación de formatos de control	5 días	lun 23/10/23	vie 27/10/23
Fase 2. Trabajo de campo	190.38 días	lun 30/10/23	vie 31/05/24
Estudio del funcionamiento de batidora	12.25 días	lun 6/11/23	vie 17/11/23
Creación de Pareto de fallas	6 días	lun 6/11/23	vie 10/11/23
Creación de gráfico de criticidad	6 días	lun 13/11/23	vie 17/11/23
Estudio de variables en sistemas	99.75 días	lun 30/10/23	vie 16/02/24
Medición de variables	81 días	lun 30/10/23	vie 26/01/24
Graficar variables	12 días	lun 29/01/24	vie 9/02/24
Análisis MTBF, MTTR, modos de falla	6 días	lun 12/02/24	vie 16/02/24
Propuesta de plan de mantenimiento	89.75 días	lun 19/02/24	vie 31/05/24
Análisis de resultados	18 días	lun 19/02/24	vie 8/03/24
Propuesta de mejoras en plan	18 días	lun 11/03/24	vie 29/03/24
Tiempo de prueba	52 días	lun 1/04/24	vie 31/05/24
Fase 3. Trabajo de gabinete	29 días	lun 3/06/24	vie 12/07/24
Análisis de información de obtenida en trabajo de campo	14 días	lun 3/06/24	vie 21/06/24
Medición de indicadores de disponibilidad y eficiencia	14 días	lun 24/06/24	vie 12/07/24
Fase 4. Redacción de documento	51.13 días	lun 22/07/24	lun 30/09/24
Presentación de resultados	13 días	lun 22/07/24	mié 7/08/24
Análisis de resultados	13 días	jue 8/08/24	lun 26/08/24
Conclusiones	13 días	mar 27/08/24	jue 12/09/24
Recomendaciones	10 días	vie 13/09/24	jue 26/09/24

Nota. Diagrama de actividades para proyecto final. Elaboración propia, realizado con Project.

Figura 11.

Cronograma de realización de proyecto final



Nota. Diagrama de actividades para proyecto final. Elaboración propia, realizado con Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Este tema de investigación se considera factible para su desarrollo, debido a que se cuenta con el recurso humano capaz de desarrollar la investigación y de implementar los controles propuestos. Adicionalmente, se dispone de los recursos físicos, tecnológico, así como suministros de materiales, insumos y/o repuestos necesarios para realizar el proyecto.

En el siguiente cuadro se ilustra el costo de cada uno de los recursos a emplear durante el periodo de investigación.

Tabla 4.

Cuadro de recurso financiero

Recurso Humano				
Cantidad de unidades	Tiempo en meses	Concepto	Costo de unidad	Sub total
1	3	Investigador	Q 452.00	Q 1,356.00
2	3	Técnicos	Q 406.78	Q 1,220.34
Recursos físicos, tecnológicos e insumos				
Cantidad de unidades	Tiempo en meses	Concepto	Costo de unidad	Sub total
1	3	Depreciación de computadora	Q 50.00	Q 150.00
1	3	Pago de internet	Q30.00	Q 90.00
1	N/A	Resma de hojas	Q 40.00	Q 40.00
1	N/A	Impresiones	Q 100.00	Q 100.00
1	N/A	Manómetro para refrigerante	Q 450.00	Q 450.00
1	N/A	Multímetro digital de gancho	Q 190.00	Q 190.00

Continuación de tabla 4.

Cantidad de unidades	Tiempo en meses	Concepto	Costo de unidad	Sub total
1	N/A	Termómetro de sonda	Q 150.00	Q 150.00
		5% de imprevistos		Q 375.00
		Total		Q 4,121.34

Nota. Recursos financieros para proyecto final. Elaboración propia, realizado con Word.

El financiamiento de la investigación se dividirá en aporte de la empresa y el investigador.

13. REFERENCIAS

- Alfonso, A. (2016) *Diseño del sistema de gestión de procesos y operaciones para la administración del mantenimiento industrial en helados Popsy*. [Tesis de grado, Universidad Sergio Arboleda]. Archivo digital. <http://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/872>.
- Arellano, J. (2013). *Salud en el trabajo y seguridad industrial*. Editorial Alfaomega. https://books.google.com/books/about/Salud_en_el_trabajo_y_seguridad_industri.html?id=D4RzEAAAQBAJ#v=onepage&q=salud%20y%20seguridad%20ocupacional&f=false
- Baquero, M. (2004). *Inocuidad, calidad y sellos alimentarios*. Editorial biblioteca Venezuela. https://www.google.com.gt/books/edition/inocuidad_calidad_y_sellos_alimentarios/WShtAAAIAAJ?hl=es-419&qbpv=1&dq=buenas+practicadas+de+manufactura&pg=PP85&printsec=frontcover
- Castro, I. (2012). *Estudio de la posibilidad de implementación del TPM para el manejo eficiente de la fábrica de helados de Bayamo, Universidad de Granma*. [Tesis de grado, Universidad de Granma]. Archivo digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1832>.

- Cóndor, D. (2019). *Automatización de un sistema de refrigeración industrial mediante PLC, interfase HMI y centro remoto desde dispositivos móviles*. [Tesis de licenciatura, Universidad tecnológica Israel]. Archivo digital. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2089/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-041.pdf>
- Creus, A. (2005). *Fiabilidad y seguridad*. Editorial Marcombo ediciones técnicas. https://www.google.com.gt/books/edition/Fiabilidad_y_Seguridad/T6zqGALwitYC?hl=es-419&gbpv=1&dq=mantenimiento+preventivo&pg=PA110&printsec=frontcover
- Davitt, J. (1995). *Equipo de protección personal*. Departamento del Trabajo de los EEUU. https://books.google.com/books/about/Equipo_de_protecci%C3%B3n_personal.html?id=4NAO3S4wj-EC#v=onepage&q&f=false
- Gavilanes, M. (2003). *HACCP para la planta de desarmado de chocho (Lupinus mutabilis sweet) y especificaciones de calidad del grano*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Archivo digital. https://www.google.com.gt/books/edition/HACCP_PARA_LA_PLANTA_DE_DESAMARGADO_DE_C/6d8iAgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=HACCP&printsec=frontcover
- Gento, A. (2005). FUZZYMANT: *Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas*. IX Congreso de Ingeniería de Organización. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=422348>

González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. FC Editorial. Acceso digital.

https://books.google.com/books/about/Teor%C3%ADa_y_pr%C3%A1ctica_del_mantenimiento_in.html?hl=es&id=OzwXOAKv_QAC#v=onepage&q&f=false

Hernandez, A. (2013). *Propuesta de plan de mantenimiento a válvulas manuales, automáticas y de seguridad para el sistema de refrigeración de la central hidroeléctrica Pangué*. [Tesis de grado, Universidad del BIO-BIO]. Repositorio institucional. Acceso digital.

https://www.google.com.gt/books/edition/Montaje_y_mantenimiento_de_instalaciones/266AwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1

Marcó, J. (2001). *Guía técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones objeto del ámbito de aplicación del real decreto 865/2003*. Ministerio de Sanidad, Gobierno de España.

<https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/guia.htm>.

Matrix Engineering, S.A. (2021). *Manual de instalación, uso y mantenimiento de batidora Matrix modelo CFI 1200-E*. Matrix Engineering, S.A.

Matrix Engineering, S.A. (21 de septiembre de 2023). *CFI Freezers continuos. Matrix gelato machines*. Matrix Engineering, S.A. <https://matrix-gelatomachines.net/es/industrial-detail/continuous-freezers-cf-i.html>

Mora, A. (2009). *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. Editorial Alfaomega.

<https://elvisigblog.files.wordpress.com/2019/11/mantenimiento-planeacion-ejecucion-y-control-alberto-mora-gutierrez.pdf>

Olarte, C. Botero, A. y Cañon, M. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Revista Scientia et Technica*, XVI(44), 354–356.

Padero, M. (2014). *Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales*. Editorial Paraninfo.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=266AwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=MONTAJE+Y+MANTENIMIENTO+DE+INSTALACIONES+FRIGORIFICAS+INDUSTRIALES&ots=RYHwNqu5Px&sig=2txoKSzsv1cFpPs9hlwYwJupgyl>

Plaza, A. (2009). *Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial*. Editorial Lulu.

https://books.google.com/books/about/Apuntes_te%C3%B3ricos_y_ejercicios_de_aplicacion.html?hl=es&id=lvdKUuGF2xMC#v=onepage&q=curva%20pf%20mantenimiento&f=false

Rendón, A. (2014). *Procedimiento de mantenimiento para sistemas de refrigeración en cuartos fríos*. [Tesis de grado, Universidad tecnológica de Pereira]. Archivo digital.

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/35a2f075-de88-430a-b89d-259336a48242/content>

Valenzuela, M (2020). *Implementación de mejora continua de los procesos del área de mantenimiento en servicios de la industria manufacturera electrónica*. Instituto Politécnico Nacional México.
<https://www.redalyc.org/journal/614/61461508007/61461508007.pdf>

La Universidad de San Carlos de Guatemala



Por cuanto:

El licenciado

César Oswaldo García Monterroso

Cumplió con los requisitos de ley para optar al título universitario de

Maestro en Artes en Gestión Industrial

en el grado académico de Maestría.

Por tanto:

Expede el presente diploma que acredita su vínculo con la

Facultad de Ingeniería

con el cual autoriza el ejercicio de la profesión correspondiente con los honores
y preeminencias debidos.

Dado en la ciudad de Guatemala, el diecisiete de noviembre de dos mil dieciocho.

"4d y enseñad a todos"



[Handwritten signature]
Rector

[Handwritten signature]



[Handwritten signature]
Rector de la Universidad



Registro Estadística

Firmado digitalmente por SERGIO ROBERTO BARRIOS SANDOVAL Fecha: 27/05/2019 3:46:59 a. m.



Firmado digitalmente por PEDRO ANTONIO AGUILAR POLANCO Fecha: 28/05/2019 8:13:25 a. m.



Firmado digitalmente por ERIKA LEANA MARRQUIN SOTO DE CHEESMAN Fecha: 30/05/2019 7:45:40 p. m.

Firmado digitalmente por CARLOS ENRIQUE VALLADARES CEREZO Fecha: 31/05/2019 8:45:47 a. m.

Firmado digitalmente por MURPHY OL YAMPO PALZ RECERIOS Fecha: 03/06/2019 6:03:27 p. m.

CSC A 570257
REPUBLICA DE COSTA RICA
SERVICIO NACIONAL INSTITUCIONAL
REGISTRADO EN EL LIBRO Y
SISTEMA DE AUTENCION
www.csc.cr

Handwritten notes and stamps at the bottom left of the page.



Verificador: 22becc42c49315453

CIQ NO. #15453



**EL INFRASCRITO SECRETARIO DE LA JUNTA DIRECTIVA DEL
COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE GUATEMALA**

CERTIFICA

Que según consta en los registros de los Profesionales Colegiados, aparece inscrito el (la)

INGENIERO QUIMICO

CESAR OSWALDO GARCIA MONTERROSO

Número de colegiado: 1553 y goza de los derechos y obligaciones que la Ley de Colegiación Profesional Obligatoria confiere a los miembros activos de este Colegio. Colegiado(a) el: 11/02/2010.

Se encuentra en calidad de colegiado activo hasta: 31/10/2023

Para los usos legales que al interesado convenga, se extiende la presente certificación, en la ciudad de Guatemala, el 18 de julio de 2023

Destinatario:

Ing. Gerson Joel Ortega Morales/ Secretario JD

CESAR OSWALDO GARCIA MONTERROSO

Esta Certificación puede ser verificada una sola vez.

Hora de Generación: 18/07/2023

Elaborado Por: V
22becc42c493e984f95728ccb7cc5845

Firmado electrónicamente por:
GERSON JOEL ORTEGA
MORALES
c: COLEGIO DE INGENIEROS
QUÍMICOS, ou: JUNTA
DIRECTIVA, sn: 2389 23339
0207
Motivo: Autorización,
Autorización.
Fecha: 18/07/2023
Lugar: Guatemala, Guatemala

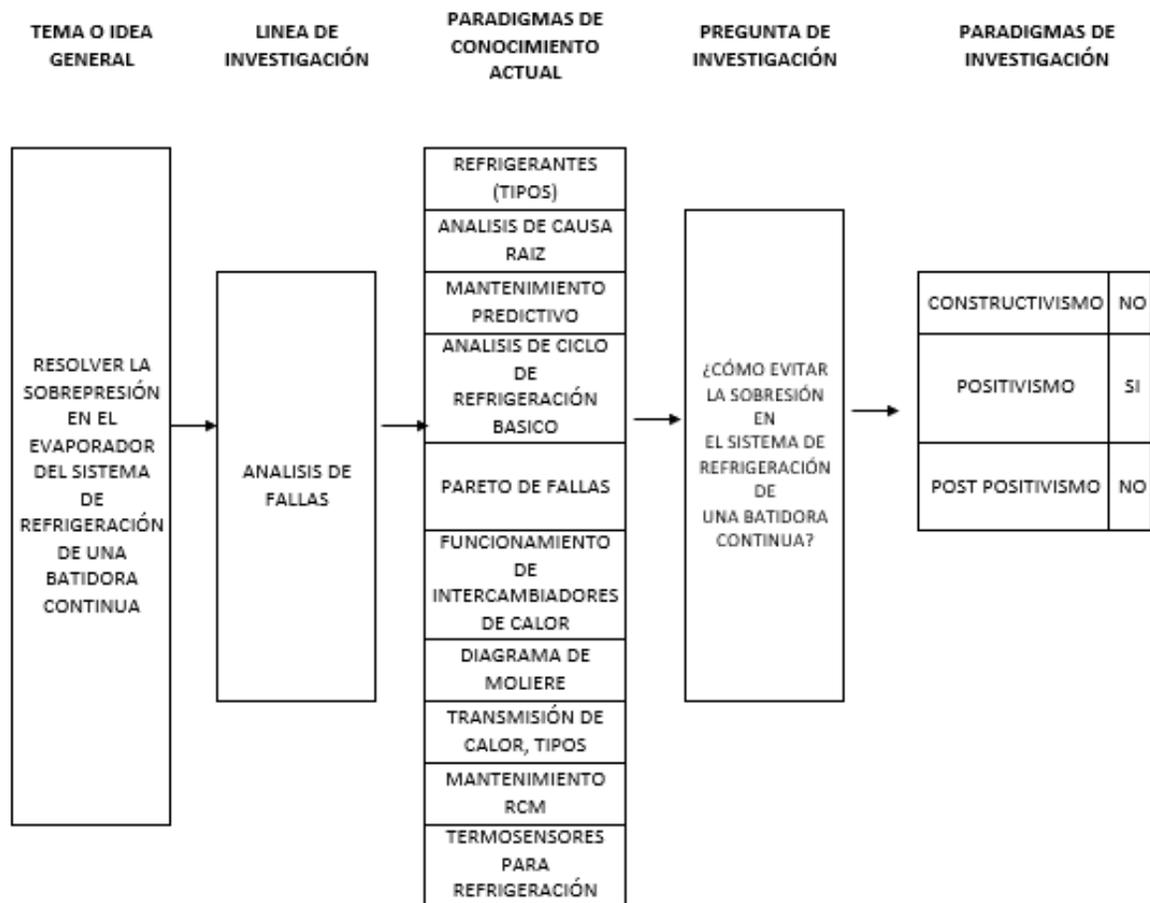
0 Calle 15-46, Colonia El Maestro, Zona 15, Guatemala, C.A. (01015)
PBX: (502) 2369-3691
secretaria@ciq.org.gt
www.ciq.org.gt



APÉNDICES

Apéndice 1.

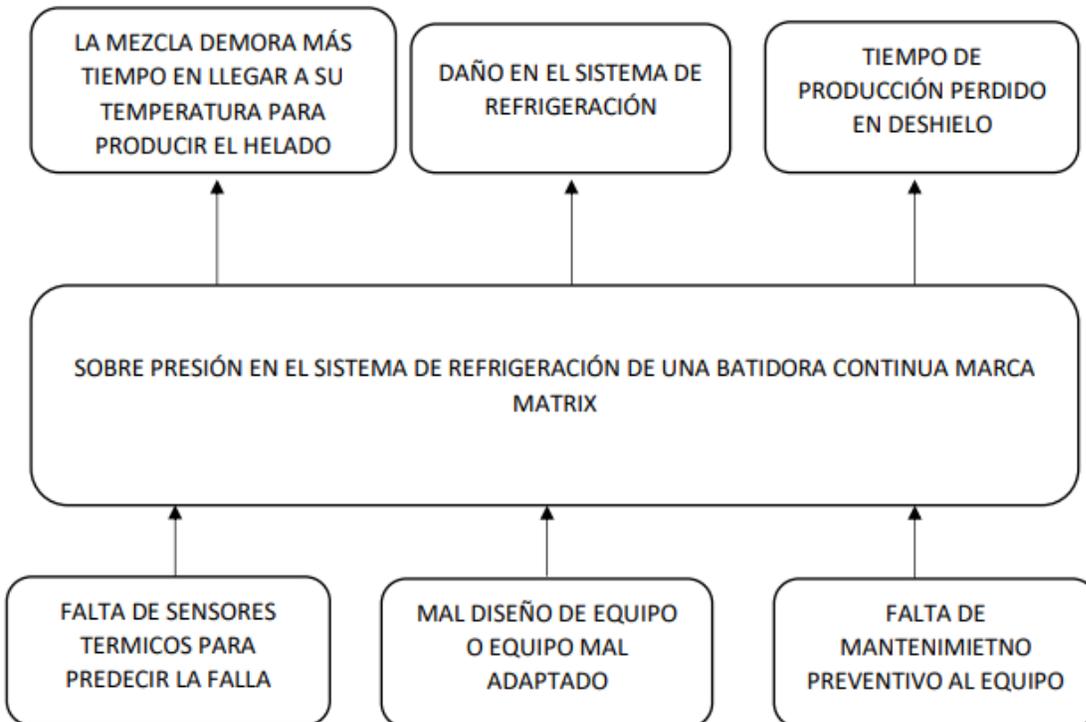
Esquema para pregunta de investigación



Nota. Esquema elaborado para seleccionar pregunta de investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

Apéndice 2.

Árbol del problema



Nota. Árbol del problema. Elaboración propia, realizado con Word.

Apéndice 3.

Matriz de coherencia

Matriz de coherencia

Preguntas	Objetivos	Antecedente (textual)	Parafraseo (escribir con sus propias palabras)	No.	Referencia
¿Cuál es el plan de mantenimiento preventivo para evitar la sobrepresión en el sistema de refrigeración de una batidora marca Matrix?	Diseñar un plan de mantenimiento preventivo al sistema de refrigeración de una batidora marca Matrix que ayude a evitar la sobre presión en el sistema.	La fábrica de helado de Bayamo comienza a producir en el año 1976 y la misma ha sufrido cambios en la planta productiva introduciéndose equipamiento moderno, así como la creación de nuevas líneas, desde su comienzo se implementa el sistema de mantenimiento preventivo planificado, que si bien estuvo funcionando antes del derrumbe del Campo Socialista, en la actualidad ha dejado de ser preventivo para ser más correctivo obteniéndose como consecuencia grandes paradas debido a fallas y hasta la pérdida de funcionalidad de los equipos y por ende incumplimiento con los planes de producción. Se puede decir que con el sistema de mantenimiento actual la fábrica no cumple un buen desempeño. (Castro, 2012, p.3)	El sistema de refrigeración de una batidora es de vital importancia para su funcionamiento ya que este es el que lleva la mezcla a la temperatura ideal para la fabricación del helado. El problema con la sobrepresión radica en el siguiente fenómeno: Si no ingresa el refrigerante en la presión y temperatura correcta es cuando ingresa en estado sólido al equipo, este se fuerza y eleva la descarga por lo que se provoca la sobre presión, en este momento se liberan las valvulas de alivio, en este momento es cuando para el equipo y se tiene que realizar el deshielo o bien si ya es muy tarde, ingresar el gas caliente para que el sistema regrese a su temperatura ideal de funcionamiento. Si la batidora llega a más de 300 PSI es cuando puede pasar una explosión del sistema de refrigeración si este no está bien protegido. La solución principal son los deshielos, pero por eso se plantea un diseño de mantenimiento preventivo para reducir el riesgo de explosión y de paros de producción.	1	Nombre: Jorge Flores Puesto en la empresa: Supervisor de proyectos. Experiencia: 13 años en industria de helados, area de proyectos. Lugar: Guatemala Titulo: Tecnico.
		Siempre teniendo en cuenta los valores de humedad de la tabla. La temperatura del evaporador puede estar entre 5 a 10 grados celcius por debajo de la temperatura ambiente de la camara. Con estos datos tambien sabremos la presión de trabajo a baja presión del circuito, puedo que según el refrigerante que utilice el sistema, tambien sabremos la relación de presión-temperatura. Se debe tener presente que estos datos se obtienen siempre con el compresor en marcha y el equipo en regimen, pues las temperaturas de vaporación pueden sufrir importantes cambios desde que el equipo acaba de arrancar hasta que esté a punto de pararse de nuevo. (PADERO, 2014, p.89)	El mantenimiento preventivo es necesario en todas las empresas para que la maquinaria utilizada tenga sus servicios constantes y que garanticen la funcionalidad en la planta de producción, en la fabrica de helados Bayamo se comenzo a utilizar un plan preventivo pero por problemas politicos este se descuido por lo que la empresa paso de implementar un plan de mantenimiento preventivo a uno de correctivos que no resolvía problemas y en cambio bajo la eficiencia y la confiabilidad de la maquinaria en la fabrica. (Castro, 2012)	2	CASTRO, I. (2012). ESTUDIO DE LA POSIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM PARA EL MANEJO EFICIENTE DE LA FABRICA DE HELADOS DE BAYAMO. UNIVERSIDAD DE GRANMA. LINK: http://repositorio.utc.edu.ec/bits/tream/27000/1832/1/T-UTC-1323.pdf
¿Cuáles son las razones por las que se presenta la sobrepresión en el evaporador de un sistema de refrigeración?	Estudiar el funcionamiento de la batidora continúa examinando los sistemas mecánicos y de refrigeración, estableciendo los parámetros estándar que esta deba cumplir.	Existe también, una relación muy directa entre presión y temperatura, pues todo aumento de temperatura conlleva a un aumento de presión y viceversa. La temperatura se entiende como la escala usada para medir la intensidad de calor y la presión, como la fuerza ejercida sobre una sustancia (para este caso) que determina en este caso el movimiento de esta y su comportamiento. (Redón, 2014, p. 14)	Para llevar un debido control al equipo de refrigeración se debe tener en cuenta varios factores, temperatura, presión y refrigerante que se está utilizando; esto debido a que la relación de presión y temperatura se encuentra relacionada directamente al tipo de refrigerante a utilizar, podemos decir que cada refrigerante tiene una distinta presión dependiendo del refrigerante aunque los dos estén dando la misma temperatura, así pues tambien se debe de tomar en cuenta la temperatura a la hora de arranque como la final. (Padero, 2014)	3	PADERO, M. (2014). MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES FRIGRÍFICAS INDUSTRIALES. EDITORIAL PARANINFO. LINK: https://www.google.com.gt/books/edition/Montaje_y_mantenimiento_de_instalaciones/_266AwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1
		Refrigerar es un proceso termodinámico, este implica remover el calor de un cuerpo o espacio hacia otro lugar, es decir mover el calor de un lugar no deseado por ejemplo los alimentos, van a un lugar deseado como el exterior de una nevera, esto sucede porque el refrigerante atrapa o absorbe el calor de los alimentos y lo transporta hacia afuera. (Físicade Fluidos y termodinámica) (Córdor, 2019, p.19)	Para estudiar un sistema de refrigeración las variables de temperatura y presión deben de ser tema de estudio ya que un aumento de temperatura conlleva a un aumento de presión y viceversa. La temperatura es una escala para medir la cantidad de energía sobre un objeto y la presión es la fuerza ejercida sobre la sustancia que determina su comportamiento. (Redón, 2014)	4	Redón, A. (2014). PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRIOS. [Tesis de grado, Universidad tecnológica de Pereira]. Repositorio institucional.
¿Cuándo es necesario realizar los deshielos al evaporador del sistema de refrigeración para evitar la sobrepresión en el sistema de refrigeración?	Determinar las posibles causas de sobre presión en el sistema de refrigeración y proponer mejoras en el mantenimiento para que la eficiencia de la batidora mejore.	La falla de enfermedad es el tipo de falla se manifiesta en relación a las leyes del desgaste como: Corrosión, solturas mecánicas, abrasión, fricción y fatiga de material. Durante su vida en servicio se toman las medidas necesarias para evitar que el defecto se prolongue y para lograrlo es necesario un mantenimiento preventivo, proactivo, sintomático y una reparación programada. (Hernandez, 2013, p.56)	Los procesos termodinámicos son procesos que hacen interactuar la temperatura a través de medios que intercambian el calor para ya sea retirarlo o agregarlo. En un cuarto frio que contenga alimentos el sistema de refrigeración remueve el calor de los alimentos para que estos bajen su temperatura y se puedan conservar, este calor se mueve al exterior por medio del sistema de refrigeración. (Córdor, 2019)	5	Córdor, D (2019). AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE PLC, INTERFACE HMI Y CENTRO REMOTO DESDE DISPOSITIVOS MÓVILES. LINK(https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/35549d4e-4c11-4013-9000-000000000000/content)
		El objetivo de la investigación es implementar la metodología Kaizen y 5s en el área de mantenimiento de una empresa de manufactura de componentes electrónicos, derivado de un incremento de tiempos muertos de un 45% desde 2015, producto de una mala organización y clasificación de herramientas en el área de almacén. Se propone implementar, dentro de la metodología de 5s, un sistema visual de semáforo (etiquetado de colores), para identificar el estatus de los alimentadores (óptimos para uso o para mantenimiento), inventariado de los alimentadores, un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, un sistema automatizado para el área de mantenimiento basado en un sistema de detección de códigos de barra y ordenar, organizar y limpiar el área de mantenimiento. (Valenzuela, 2020, p.59)	Eviten distintos tipos de falla que pueden llevar a un equipo a que afecte su funcionamiento o bien a hacer que el equipo se detenga, la falla por enfermedad es aquella que presenta el equipo ante el desgaste sin tratar en sus piezas mecánicas, para evitar este tipo de fallas se debe de realizar un mantenimiento predictivo o preventivo que pueda atacar la falla antes que se desarrolle y cause problemas mayores. (Hernandez, 2013)	6	Hernández, A. (2013). PROPOSTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO A VÁLVULAS MANUALES, AUTOMÁTICAS Y DE SEGURIDAD PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA PANGUE. [Tesis de grado, Universidad del BIODI]. Repositorio institucional.
¿Qué beneficio se obtiene al ejecutar un plan de mantenimiento preventivo al sistema de refrigeración?	Establecer rutinas de mantenimiento en base a los estudios realizados que ayuden a mejorar la eficiencia de la maquinaria y eviten fallos en el sistema de refrigeración.	Para la realización del diagnóstico se tiene en cuenta el estado ideal que, al confrontarse con el actual, da pistas para definir los problemas y las formas de solucionarlos, así, la gestión de mantenimiento debería ser ordenada, conectada con las demás áreas y sobretodo cumplir los objetivos institucionales de efectividad. (Alfonso, 2016, p.18)	La implementación del mantenimiento según las normas de las 5S en el area de manufactura de componentes electrónicos ha sido de gran utilidad en cuanto a almacenaje y descarte de piezas que se encuentran en el inventario, este redujo en más del 40% tiempos muertos por lo que la productividad aumento y el manejo del inventario sufrio una transformación positiva. (Valenzuela, 2020)	7	Valenzuela, M (2020). IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA CONTINUA DE LOS PROCESOS DEL AREA DE MANTENIMIENTO EN SERVICIOS DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA ELECTRÓNICA. Editorial: CIENTIFICA, Instituto Politecnico Nacional México.
		Para la realización del diagnóstico se tiene en cuenta el estado ideal que, al confrontarse con el actual, da pistas para definir los problemas y las formas de solucionarlos, así, la gestión de mantenimiento debería ser ordenada, conectada con las demás áreas y sobretodo cumplir los objetivos institucionales de efectividad. (Alfonso, 2016, p.18)	Para establecer un sistema ideal de mantenimiento primero se debe de definir que es ideal para la empresa y la meta a la cual debemos llegar, esta meta debe de basarse en parametros reales y confiables para todos lo usuarios involucrados en el proceso, solo así se puede establecer una mejora (Alfonso, 2016)	8	Alfonso, A (2016) DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS Y OPERACIONES PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN HELADOS POPY. [Tesis de grado, Universidad Sergio Arboleda]. Repositorio institucional

Nota. Matriz de coherencia elaborada para la creación de referencias. Elaboración propia, realizado con Excel.

