



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN
DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE
LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Julio Eliseo Tzóc Ajché

Asesorado por el Mtro. Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN
DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE
LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO ELISEO TZÓC AJCHÉ

ASESORADO POR EL MTRO. ING. VÍCTOR EDUARDO IZQUIERDO
PALACIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MARZO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. 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	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Pérez Archila
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN
DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE
LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, en junio de 2018.

Julio Eliseo Tzóc Ajché

Ref. EEPFI-1485-2021
Guatemala, 13 de octubre de 2021

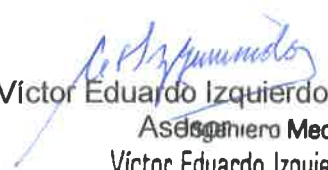
Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.


Estimado Ing. Rivera:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, presentado por el estudiante **Julio Eliseo Tzóc Ajché** carné número **199812414**, 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 Ingeniería de Mantenimiento.

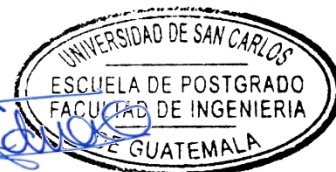
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para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

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios
Asesor en Ingeniería Mecánica
Víctor Eduardo Izquierdo Palacios
Maestro en Ingeniería de Mantenimiento
Colegiado 3,103


Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento


Mtro. Edgar Darío Álvarez Cot
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





FACULTAD DE INGENIERÍA

EEP-EIME-027-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería 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: **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE LA FABRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, presentado por el estudiante universitario **Julio Eliseo Tzóc Ajché**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



Guatemala, octubre de 2021

LNG.DECANATO.OI.136.2022

La Decana 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 Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO Y MANTENIMIENTO DE PROCESOS TÉRMICOS DE ESTERILIZACIÓN DE FRIJOLES VOLTEADOS EN EMPAQUE TIPO DOYPACK EN LAS INSTALACIONES DE LA FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**, presentado por: **Julio Eliseo Tzóc Ajché** , después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad de vida y ser la guía de mis acciones y decisiones para creer que, de la mano de él, nada es imposible.
- Mi esposa** Karina Orozco, por ser el apoyo incondicional mostrado durante mi época estudiantil sin esperar nada a cambio.
- Mis hijos** José Julián y Andrea Sofía Tzóc Orozco, por ser la fuente de inspiración y darme la oportunidad de ser papá.
- Mis padres** Por ser fuentes de inspiración y por enseñarme que con trabajo, perseverancia y constancia se pueden alcanzar los sueños.
- Mis hermanos** Por el apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Pueblo de Guatemala	Por el esfuerzo y trabajo, al cual hacen que este sueño sea realidad.
Mis catedráticos	Por compartir sus conocimientos y experiencias sin condiciones.
Colegas	Por ser partícipes de mi logro profesional, en gran medida por sus consejos y apoyo en tiempos difíciles, toda mi admiración y respeto.
Mis asesores	Por su apoyo y tiempo en la asesoría de mi documento de graduación.
Mis amigos	Por el acompañamiento en los días de lucha y desesperación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Descripción del problema	7
3.2. Pregunta general	8
3.3. Preguntas específicas.....	8
3.4. Delimitación del problema.....	9
3.4.1. De no realizarse.....	10
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General	13
5.2. Específicos.....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	15

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Gestión de mantenimiento.....	19
7.1.1.	Proceso y evolución del mantenimiento	20
7.1.1.1.	Mantenimiento preventivo	20
7.1.1.2.	Mantenimiento predictivo.....	21
7.1.1.3.	Mantenimiento correctivo	21
7.1.2.	Optimización del mantenimiento	22
7.1.2.1.	El mantenimiento centrado en la confiabilidad	23
7.1.2.2.	Mantenimiento productivo total (TPM)	25
7.1.2.3.	Mantenimiento basado en el riesgo (RBM).....	27
7.1.3.	Indicadores clave para la gestión del mantenimiento (KPI's).....	30
7.1.3.1.	Indicadores de eficiencia, confiabilidad y disponibilidad	31
7.1.3.2.	Indicadores de gestión del mantenimiento.....	32
7.1.4.	Normas internacionales aplicadas a la gestión del mantenimiento.....	33
7.2.	Procesos térmicos para la conservación de alimentos en la industria.....	34
7.2.1.	Principales procesos térmicos de adición de calor en la industria alimenticia	34
7.2.1.1.	Proceso de pasteurización	35
7.2.1.2.	Proceso de escaldado.....	36
7.2.1.3.	Procesos de esterilización.....	37
7.2.2.	Procesos de esterilización del frijol	39

7.2.2.1.	Proceso de esterilización de frijol para presentación de lata	39
7.2.2.2.	Proceso de esterilización de frijol en presentación doypack.....	40
7.3.	Automatización de los procesos térmicos de esterilización para el frijol	40
7.3.1.	Definición de las variables de control y parametrización en el proceso de esterilización para el frijol	41
7.3.2.	Definición de lazos de control y PID necesarios para desarrollo del programa de automatización....	48
7.3.3.	Tipos de programación y protocolos de comunicación en equipos industriales	55
7.3.4.	Equipos de control e instrumentación para automatización del proceso	58
8.	ÍNDICE DE CONTENIDOS DEL INFORME FINAL.....	61
9.	METODOLOGÍA.....	63
9.1.	Enfoque	63
9.2.	Diseño de la investigación	63
9.3.	Tipo de estudio	63
9.4.	Alcance	64
9.5.	Variables e indicadores.....	64
9.6.	Fases de la investigación.....	65
9.7.	Fase 1.....	65
9.8.	Fase 2.....	65
9.9.	Fase 3.....	65
9.10.	Fase 4.....	65

9.11.	Resultados esperados	66
9.12.	Población y muestra	66
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	67
11.	CRONOGRAMA	69
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	71
12.1.	Recursos físicos	71
12.2.	Recursos humanos.....	71
12.3.	Recursos financieros	71
13.	REFERENCIAS	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos de la confiabilidad operacional	23
2.	Características de las fallas	24
3.	Ciclo Deming	26
4.	Etapas de implantación del TPM.....	27
5.	Autoclave	38
6.	Diagrama de flujo del algoritmo.....	43
7.	Paso 0. Inicio del proceso de esterilización.....	44
8.	Selección del producto a esterilizar.....	44
9.	Paso 1. Cuando el ciclo inicia	45
10.	Paso 2. Fijar el <i>set point</i> de temperatura.....	45
11.	Paso 3. Inicia la esterilización del producto.....	46
12.	Paso 4. Termina tiempo de esterilización.....	46
13.	Paso 5. Termina tiempo de presurización	47
14.	Paso 6. Termina el tiempo de enfriado.....	47
15.	Paso 7. Fin del proceso.....	48
16.	Elementos de un lazo de control	49
17.	Controlador automático	51
18.	Controlador de dos posiciones.....	52
19.	Controlador proporcional.....	53
20.	Controlador derivativo	53
21.	Controlador Integral.....	54
22.	Sistema PID	55

TABLAS

I.	Esquema de la solución	17
II.	Nivel de probabilidad de fallo	29
III.	Criterios de las consecuencias	30
IV.	Valores D y Z para algunos microorganismos	36
V.	Tipos de escaldado	37
VI.	Algoritmos de la retorta	42
VII.	Protocolos de comunicación	58
VIII.	Variables e indicadores	64
IX.	Cronograma de actividades	69
X.	Costos y factibilidad	72

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
KCMIL	Circular mil
DaN	Decanewton
dB	Decibeles
FO	Fibra óptica
°C	Grados Celsius
kA	Kiloamperios
kg	Kilogramo
kgf	Kilogramo pies
km	Kilómetro
KN	Kilo Newton
kv	Kilovoltio
µm	Micrómetro
mm	Milímetro
mm²	Milímetro cuadrado
nm	Nanómetro
Q	Quetzales
seg	Segundos
Ω	Ohmio

GLOSARIO

AA	Aleaciones de aluminio para aumentar la rigidez del aluminio.
ACS	Es un acero recubierto de aluminio para compresión.
ANSI	Es el Instituto Nacional Estadunidense de Estándares.
ASTM B398	Es la norma que rige la especificación estándar para los alambres de aleación de aluminio.
ASTM	Es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos de normas para materiales, productos y servicios.
AZ	Cables trenzados.
CA	Centroamérica.
Doypack	Es una bolsa impresa termosellable con fuelles laterales planos y fuelle de fondo curvado que permite exhibir o sujetar el producto de forma vertical sobre sí mismo una vez está lleno.

EIA 359A	Es la norma para colores para la identificación y codificación de color.
EIE/TIA	Son estándares que tratan el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones.
Estructura tipo H	Torre de transmisión utilizada en líneas de transmisión desde 138 kv hasta 230 kv.
IEC 60889	Es la norma que rige al alambre de aluminio estirado para conductores de línea aérea.
IEC 61262	Es la norma que rige al alambre de acero revestido de aluminio para uso eléctrico.
IEEE	<i>(Institute of Electrical and Electronics Engineers)</i> Es el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
ITU-T	Son normas que definen cómo funcionan e interactúan las redes de telecomunicaciones.
KCMIL	Es la unidad que mide el calibre del cable eléctrico.
MIL	Es un estándar que define las características mecánicas, eléctricas y funcionales de un bus de datos.
NBR	Son normas brasileñas que se encargan de aspectos relativos a la transmisión de la televisión.

NEMA	Son normas que se encargan de regir estándares de fabricantes eléctricos.
OPGW	<i>Optical Ground Wire.</i>
SIN	Sistema Interconectado Nacional.

RESUMEN

Aplicando la gestión de mantenimiento a una industria conlleva la implementación que permita el análisis de los procesos y sistemas en donde se desarrollan las operaciones, prevención de fallas, ejecución de planes de mantenimientos, mitigación de las fallas no predecibles, plan de acción en la vulnerabilidad de los equipos.

Para el efecto de la tesis se analizará la de un proceso térmico de esterilización de un producto en empaque tipo doypack, para tener un resultado exitoso en el proceso, debemos evaluar la calidad de datos que nos entrega el sistema, en lo que se analiza la automatización de una autoclave y sus elementos alternos, para poder hacer los análisis, se necesita documentar datos específicos, como presión interna de la autoclave, temperatura de vapor, tiempos de esterilización vs. temperaturas del proceso.

Se propone tomar toda la información generada a partir de una falla en el sistema, para la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento, para el sistema automatizado, que permita la innovación generando una planificación de los procesos para la implementación de mantenimiento preventivos y predictivos, tomando como principal factor las características específicas de cada equipo que conformen el sistema automatizado, para alcanzar el objetivo del sistema se realizará el planteamiento metodológico y temático para la elaboración del modelo de gestión de mantenimiento del sistema automatizado de esterilización.

1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos tienen la característica de perder nutrimentos cuando suelen cocinarse en casa o en cualquier lugar de preparación, siendo una excepción los alimentos enlatados; se puede mencionar que estos pierden menos nutrientes que los preparados en casa. Para aumentar la probabilidad de que la pérdida de nutrientes sea mucho menor, la industria de alimentos realiza procesos de control de las pérdidas que pueden darse al momento de prepararse, en el caso del presente trabajo de investigación, los frijoles serán tratados por medio de la esterilización que es el aumento de temperatura para poder conservar los ya mencionados nutrientes y llevarlos a un proceso automatizado de empaque tipo lata o doypack.

El trabajo de investigación consiste en una sistematización, donde se aprovecha de la ampliación del tiempo de vida de los alimentos, basándose en la esterilización de los mismos, para que seguidamente entregar al consumidor un producto capaz de cubrir las necesidades de su hogar sin que pierda la mayor parte de nutrientes. Así mismo, se estudia el proceso químico y térmico con el cual se logra la esterilización, para posteriormente conseguir un procedimiento automatizado que genere un plan de mantenimiento, donde este plan ayude a conseguir el producto de calidad según normas alimenticias.

El problema existente en el trabajo de investigación consiste en el desarrollo de la nueva línea alimenticia de frijoles volteados para la fábrica de alimentos, encontrando que la línea debe ser de forma optimizada y de rendimiento alto debido a la competencia comercial encontrada al 02 de marzo de 2020 donde existen 6 empresas alimenticias que desarrollan y comercializan el frijol volteado,

siendo estos la competencia para el desarrollo del trabajo de investigación que debe ser óptimo para ser competitivo.

La importancia del trabajo de investigación nace por medio de la necesidad de la competencia comercial y del poder crear nuevos productos dentro de la compañía, por tal motivo se propone el desarrollo de una nueva línea de producción basada en los frijoles volteados en presentación de lata y doypack, la nueva línea tiene el reto de estudiar el proceso, automatizarlo y crear el plan de mantenimiento para que la línea sea eficiente en todos sus alcances. Se espera que el proyecto de investigación desarrolle la eficiencia necesaria para que, al momento de promover el producto, este tenga costos minoritarios y sea aceptado por el consumidor.

El trabajo de investigación tiene enfoque mixto, el análisis se presenta como cuantitativo por medio de la estadística descriptiva y el diseño de la solución es experimental con el alcance explicativo.

El esquema de solución constará de tres fases, iniciando por la revisión de cada uno de los documentos que harán que el trabajo de investigación sea comprensible y tenga un contexto de los antecedentes del trabajo, para la segunda fase tiene cada uno de los parámetros que definen la calidad del producto y marca cada uno de los tiempos que harán que el proceso de empaclado sea óptimo para el producto final, para la última fase, se establecen la automatización del proceso marcando cada uno de los trabajos finales y de prueba.

El trabajo de investigación es factible, debido a que en el mercado de los frijoles volteados ya existe dentro del mercado externo dando lugar a que existan los recursos para realizar el proyecto dentro de la fábrica.

2. ANTECEDENTES

El proyecto de investigación relaciona antecedentes que ayudan a la realización de los procesos de esterilización y automatización de los alimentos, siendo estos antecedentes los que se mencionan a continuación:

Los alimentos pueden ser liberados de microorganismos por medio de diferentes tipos de tratamientos térmicos que ayudarán para que estos microorganismos se reproduzcan en condiciones normales ya sea en su transporte o almacenamiento.

Una de las bases para estos tratamientos térmicos se menciona el siguiente concepto: “El calor juega un papel importante para la reacción y liberación de los microorganismos contenidos en los alimentos que estarán expuestos a condiciones normales y posiblemente no se refrigieren durante un tiempo”. CAC/RCP 23-1979, REV. 2 (1993)

El aporte que da el concepto anterior, ayuda a conocer cómo un producto alimenticio no ácido puede contenerse en un recipiente por un tiempo estipulado en condiciones de temperatura ambiente, también la cita anterior menciona que da lugar a la liberación de cualquier tipo de microorganismos que pueda afectar al tipo de alimento dentro del recipiente donde será enlatado. El tipo de recipiente no precisamente podrá ser lata, ya que el citado menciona que, el recipiente debe ser libre de microorganismos.

Para poder entender el concepto de esterilización, Moya (2017) en su presentación de procesos de esterilización, menciona que: la estadística ayuda

a saber que un producto o los productos estén libre de microorganismos si la probabilidad es por lo menos 10^{-6} .

El concepto anterior aporta y asegura que la cantidad de microorganismos es casi nula dentro de algunos recipientes para que en ningún momento exista reproducción de microorganismos

En Guatemala se puede mencionar a empresas líderes en el mercado de frijoles volteados, como lo es Ducal, Malher, Naturas, San Francisco, Del Monte y a fecha de mayo 2020 la marca salvadoreña “La Chula”, que se ha introducido en el mercado de abastecimientos de la canasta básica. Se realizan estudios de la competitividad de los frijoles tal y como se menciona en el citado siguiente:

Ramazzini (2009) menciona que en Guatemala lideran dos marcas con la realización de frijoles donde la industria es de forma automatizada y que el resto de marcas no es forma reconocida y las industrias son poco industriales debido a que no poseen procesos automatizados.

Cabe mencionar que el citado anterior aporta y enfoca la importancia de la automatización de procesos, para ser un competidor de nivel superior y así no desbordar en resultados de indicadores que afecten al precio y calidad de producto final, dando una negatividad al cliente consumidor.

De la Cruz (2010), por medio de la creación de un proceso de frijoles volteados, mencionó que, según su experiencia, los procesos de automatización deben tener errores de precisión bastante pequeños debido a que el cierre y apertura del valvular ayuda al tipo de tapa, al cocimiento y esterilización del producto haciendo que los procesos humanos no intervengan en la elaboración del producto.

Las experiencias de De la Cruz (2010) aportan a poder revolucionar un proceso ambiguo de frijoles volteados a un proceso de automatización donde los factores tiempo y costo son controlados para un mejor resultado.

Los mantenimientos son parte de la automatización debido a que estos ayudan a que los procesos sean precisos y no simplemente sea un proceso que funciona y por ello se debe dejar funcionando a largo plazo, así que para ello se toma muy en cuenta la revista de la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (2011) que menciona lo siguiente: “Se puede considerar que las operaciones de mantenimiento implican los mismos factores de riesgo que otras operaciones en entornos de trabajo industriales, aunque también suponen un incremento de los riesgos específicos” (p.18).

Siendo los aportes del citado anterior, que los riesgos de un mantenimiento siempre serán vistos como un gasto, pero implican que los riesgos disminuyan debido a creación de planes de mantenimiento, donde se disminuyen probabilidades de paro de producción y ahorro en mano de obra por la necesidad de cubrir emergencias innecesarias.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Fábrica de productos de alimentos no cuenta con línea de frijoles volteados, por lo que se realiza el diseño y presentación de una nueva línea para ser competitivos ante los actuales productores de frijol.

3.1. Descripción del problema

La construcción de una nueva línea de frijoles volteados enlatados y presentación doypack, ya forman parte del mercado existente en Guatemala, introducido por fábricas que forman parte de la cadena de alimentos en los diferentes supermercados y tiendas del país. La presentación del problema será el poder introducirlo como una nueva línea de producción dentro de la fábrica de productos de alimentos, colocándolo como una línea eficiente y capaz de generar recursos para competir e introducirse en el mismo mercado de frijoles volteados existente, aprovechando el marketing ya ganado debido a los diferentes productos que se venden de la marca mencionada.

Con una visión de crecimiento e innovación, nace la idea de crear los procesos de frijoles volteados en distintas presentaciones, pero no dejando atrás el servicio al cliente donde el producto satisfactorio. El reto de construir y evolucionar esta idea será parte del trabajo de investigación debido a que todo será armado con personal nacional, creando protocolos de programación eléctrica y mecánica para desarrollar el proceso de producción.

La planificación del proceso se origina con apoyo de protocolos ya establecidos con líneas de producción anteriores como jalapeños, consomés o

jaleas que se producen dentro la compañía. Los equipos como balanzas, marmitas, tolvas de dosificación, molinos, bombas centrifugas, autoclaves entre otros, tendrán que unificarse para que la operación conjunta sea efectiva y cada uno de los lazos de control sea preciso en el delicado proceso de producción.

Una vez marcado y definido el proceso de producción, se deberán revisar a detalle los documentos del proceso, para definir cada una de las variables con las que funcionarán los protocolos de producción y así realizar los ensayos para posteriormente marcar el inicio de la programación en forma local y remota del proceso.

La ejecución del trabajo de investigación no solamente será el marcar una línea nueva, ya que para que la producción sea eficiente en sus resultados, se deberá crear planes de mantenimientos, donde cada uno de los equipos que conforman el proceso como mecánicos, eléctricos o neumáticos sean revisados acorde a lo pactado en los diferentes mantenimientos y así evitar paros innecesarios que provoquen distorsión en los resultados.

3.2. Pregunta general

¿Cómo pueden mejorar los resultados de producción de la fábrica de productos de alimentos, con la ayuda del análisis de innovación y diseños alternos en las líneas de producción?

3.3. Preguntas específicas

- ¿Cuáles son los factores necesarios para la creación de una nueva línea de producción basada en el proceso de frijoles volteados?

- ¿A qué parámetros del proceso de producción será necesario definir lazos de control y PID para la automatización?
- ¿En qué parte del proceso de producción será de utilidad crear planes de control por medio de los diferentes tipos de mantenimiento?
- ¿Qué beneficios trae la nueva creación de la línea de producción de frijoles volteados en sus diferentes presentaciones?

3.4. Delimitación del problema

La investigación se realizará en la creación de una nueva línea de producción de frijoles volteados en presentaciones de lata y doypack, dentro de la fábrica de productos de alimentos, creando así, los protocolos para los diferentes tipos de mantenimientos y mejoras en los resultados. El periodo de ejecución de la investigación será durante los meses de julio 2019 hasta junio 2020.

Consecuencias de la implementación de la investigación

- Se tiene una nueva línea de producción dentro de la compañía para ser competitivo en el mercado que actualmente es acaparado por otras compañías.
- Se puede aprovechar los errores de mantenimiento de otras líneas para desarrollar una nueva línea con disminución de paros no programados y KP'IS mejorados para la satisfacción de la compañía.

- El proyecto es competitivo debido a que la calidad del producto será entregada al consumidor final de acuerdo a los costos y sabores ya establecidos dentro del mercado, debido al objetivo de realizar una línea efectiva por su protocolo de automatización remota y un plan de mantenimiento apto en sus diferentes tipos.

3.4.1. De no realizarse

- La compañía siempre seguirá con los productos ya establecidos sin poder experimentar la innovación de productos para aumentar y crecer en el mercado guatemalteco.
- No se podrán crear nuevos planes de mantenimiento que posiblemente sean parte de una revolución de lo que actualmente se tiene.
- Se seguirá con los mismos protocolos de producción y mantenimiento, sin que la innovación abarque no solo un producto sino también una nueva forma de crear un plan de mantenimiento.
- Se seguirá con un mismo tipo de monopolio obtenido por las marcas ya reconocidas dentro del ámbito de frijoles volteados.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación del presente trabajo conlleva una línea de Gestión del Mantenimiento. Los cursos que se relacionan corresponden a: Seminario del Mantenimiento Predictivo, donde se mide la disponibilidad de las líneas de producción, enfocándose en la demanda del cliente y la capacidad de respuesta ante posibles fallos durante la producción. También se menciona otro curso que relaciona la investigación, tratándose del curso de Normas Internacionales de Mantenimiento que muestra la calidad con la que se debe actuar durante los procesos de producción, sabiendo que es un proceso de alimentos; seguidamente se finaliza con el curso de Automatización de Procesos Industriales, el cual marca gran parte de la investigación, sabiendo que, por medio de este curso, se delimitará cada variable para hacer funcionar la línea de producción.

La importancia de mostrar el trabajo de investigación es debido a la innovación dentro de la compañía para crear e introducirse en el mercado de los frijoles volteados. Se partirá desde cero la línea de producción, estudiando el proceso químico y el manejo de la variación de temperaturas para los procesos de esterilización y así finalizar con el producto final en las diferentes presentaciones. En cada uno de los procesos se estudiará las variables y diferentes parámetros para formar los distintos protocolos de automatización para el buen funcionamiento de la línea, llevando de forma paralela un plan de mantenimiento que ayude a los indicadores con excelentes resultados.

La necesidad del trabajo de investigación es tener dentro de la compañía una nueva línea de producción capaz de competir en el mercado de los frijoles

volteados, pero al mismo tiempo ser una línea con mejores resultados y capacidades a reaccionar ante cualquier eventualidad de paros debido a un plan de mantenimiento adecuado a la necesidad de la línea. Los mantenimientos serán parte importante dentro del proyecto de investigación debido a que se busca la eficiencia en el proceso automatizado.

La motivación que otorga la presente investigación es el poder aportar nuevas técnicas, conocimientos y experiencias encontradas durante la realización del proceso, sabiendo que la protección de los alimentos para resguardar la salud de los consumidores es parte fundamental dentro de la investigación. Las nuevas ideas que se formen serán resultado de una experiencia obtenida, llevando en conjunto los conceptos químicos y los resultados de las pruebas en el proceso para encontrar temperaturas necesarias, finza en el grano del frijol y pesos adecuados para la parte de empaclado.

El beneficio de la investigación se ve reflejado en la satisfacción de los consumidores de frijol enlatado ya que con la evolución de nuevas ideas dentro de la compañía no solamente se crea un sabor distinto, sino también se rompe un posible monopolio en la variedad de los frijoles volteados. Dando lugar a nuevas fuentes de trabajo y ayudando a disminuir el índice de desempleo en Guatemala.

Uno de los beneficiarios será la empresa misma debido a que al momento de realizar una inversión para una línea de producción nueva, esta generará un ingreso económico a un tiempo determinado y tendrá la opción de realizar estudios para la mejora del producto y así ganar el mercado perdido dentro de la producción de los frijoles volteados. El beneficio del investigador será el conocimiento obtenido para el crecimiento profesional y tener la capacidad de ser emprendedor dentro de la compañía donde labora.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un plan para la implementación del sistema automatizado y mantenimiento de procesos térmicos de esterilización de frijoles volteados en presentación tipo doypack en la instalación de la fábrica de productos de alimentos.

5.2. Específicos

- Determinar los factores necesarios para la creación de una línea nueva basada en el proceso de frijoles volteados.
- Identificar los parámetros necesarios para la creación de lazos de control y PID dentro del proceso de automatización.
- Crear un plan de mantenimiento para confiabilidad del sistema de producción.
- Evaluar los beneficios de la producción de frijoles volteados en presentación doypack dentro y fuera de la compañía.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La necesidad a cubrir referente a la parte laboral conforme al trabajo de investigación es innovar productos capaces de competir con el actual mercado de frijoles volteados, debido a la necesidad de ser variantes en los productos.

El trabajo de investigación aspira mejorar el ámbito económico de la empresa con base a tener mayores ingresos, debido al incremento en las ventas y un mejor sistema de protección del proceso gracias a tener un mantenimiento eficaz.

El esquema de la solución constará de cuatro fases, donde la primera fase se refiere a la revisión documental del trabajo de investigación que dará a entender a detalle el proceso para el desarrollo y comprensión del problema y tener un contexto de los antecedentes del proyecto; en la segunda fase, se medirá la confiabilidad del proceso a desarrollar, ya que se analizará cada una de las variables involucradas durante la producción de frijoles, para que cada parámetro, resultado de una variable, sean agregados al lenguaje de programación y así formar un sistema automático.

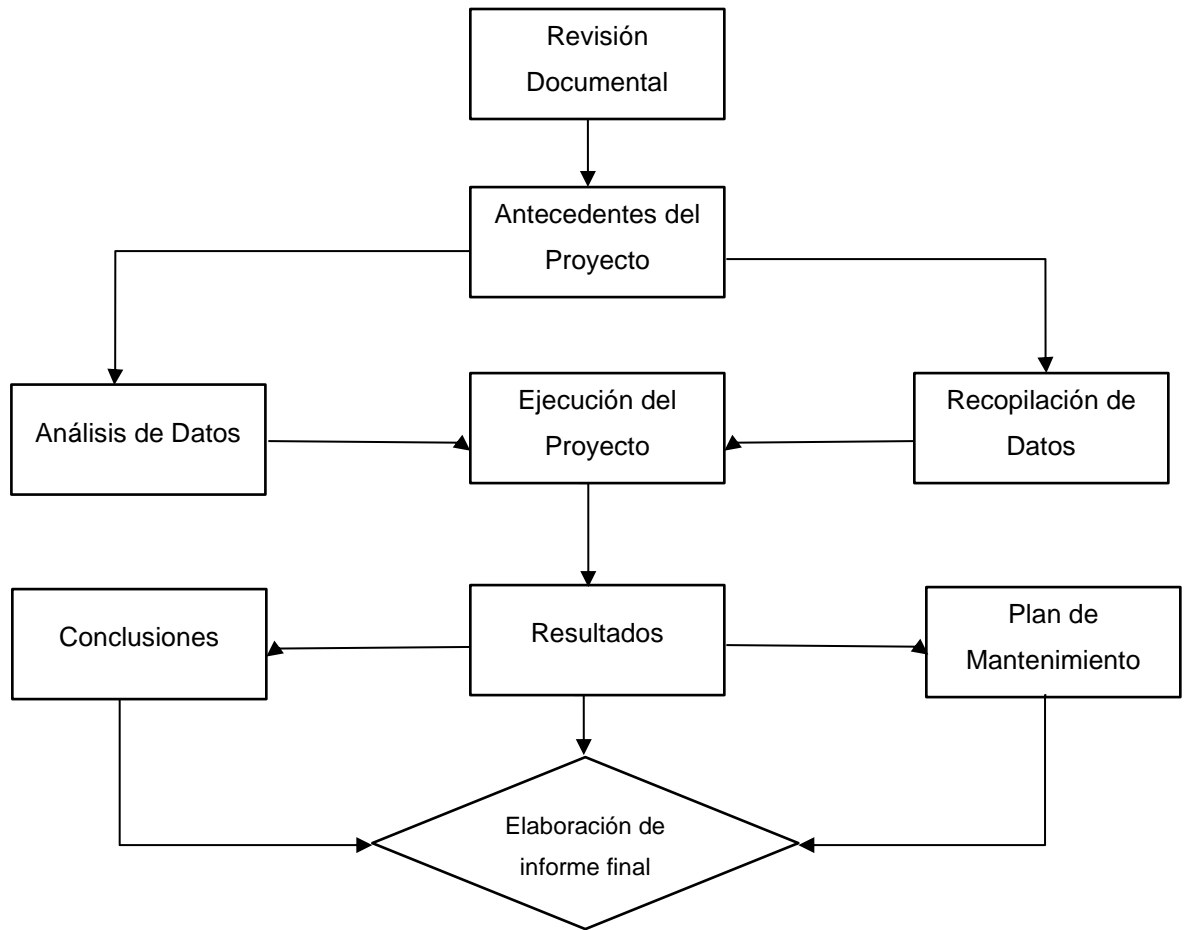
La tercera fase la conformarán los bloques de equipos eléctricos de programación, necesarios para formar los sistemas automatizados, así mismo parte de esta fase, serán los errores de retroalimentación del PID para que sean foco de los planes de mantenimiento a requerir.

Finalmente, la parte final involucra la creación de un plan de mantenimiento apto para cubrir la necesidad de la línea de producción.

La necesidad de seguir mejorando e innovando los procesos de producción, ha generado las metodologías mencionadas con anterioridad y así tener un resultado eficiente para la empresa como para el investigador debido a experiencias en creación de nuevas líneas.

La investigación tendrá validez debido a que se busca la mejora en la innovación, multiplicidad en los ingresos económicos, eficacia en los procesos de producción automatizados y rendimientos altos en los planes de mantenimiento necesarios.

Tabla I. **Esquema de la solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

Para el tema del sistema automatizado y mantenimiento de procesos térmicos de esterilización de frijoles volteados en empaque tipo doypack, fueron de importancia puntos donde se relaciona lo siguiente:

- Mantenimiento y los diferentes tipos.
- Resultados del mantenimiento en base a sus indicadores.
- Estudio de los procesos de fabricación y sus protocolos de automatización.
- Elaboración de un plan estratégico de mantenimiento como resultado de un trabajo de investigación

7.1. Gestión de mantenimiento

La disponibilidad y la confiabilidad forman parte fundamental de los resultados que se consiguen por medio de un mantenimiento óptimo para gestionar prevenciones, predicciones y correcciones, por tal razón Salazar (2019) en su página de internet menciona que:

Como profesionales de Ingeniería Industrial es nuestro propósito contribuir al mejoramiento continuo de sistemas productivos de bienes y servicios. Una de las formas de contribuir a dicho mejoramiento es asegurando la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante un óptimo mantenimiento. (p.1)

Lo mencionado con anterioridad se derivan los conceptos siguientes:

7.1.1. Proceso y evolución del mantenimiento

Los mantenimientos darán resultados por medio de cada uno de los diferentes tipos de mantenimiento que se basan en:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento correctivo

7.1.1.1. Mantenimiento preventivo

Una de las bases con las que cuenta el mantenimiento que se menciona, serán los tiempos cortos para localizar una cantidad de problemas que puedan ocasionar alguna falla, por tal motivo Sima (1986) en su artículo da a conocer un concepto básico y entendible de qué es un mantenimiento preventivo.

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y subsistemas e inclusive partes. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de subensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y

empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

7.1.1.2. Mantenimiento predictivo

Por medio de distintas variables, el mantenimiento preventivo da informes permanentes para conocer el estado y operación de las instalaciones. Para alcanzar este tipo de mantenimiento es necesario saber distintos parámetros que pueden involucrar temperatura, energía, vibración, entre otros, este tipo de mantenimiento se menciona que es mucho más tecnológico (Sanzol, 2010).

El concepto obtenido por Sanzol (2010), demuestra que se deberá estar preparado con conocer el proceso y tener varios conceptos de operatividad, con cada parámetro basado en temperaturas u otras variables que puedan afectar a los equipos.

7.1.1.3. Mantenimiento correctivo

Siendo este uno de los primeros en realizarse dentro de la industria, este se refiere a realizar trabajos de reparación en tiempos programados o no programados, así mismo por tal motivo, Garrido (2009) menciona en su libro, que se entiende por mantenimiento correctivo a la actuación inmediata de averías o fallas cuando están saliendo a relucir durante una operación afectando producción o procesos.

También Garrido (2009), indica que los mantenimientos correctivos deben ser diferenciados en dos tipos:

- Mantenimiento correctivo programado.

- Mantenimiento correctivo no programado.

El tomar decisiones que marquen importancia como realizar reparaciones inmediatas o con previa planificación normalmente repercuten en el sistema productivo: Los fallos pueden tratarse de forma inmediata cuando los problemas se ocasionan por emergencia, sin embargo, estas no tienen planificación a diferencia que si una falla no repercute en el sistema operativo y puede continuar con la falla hasta realizar una programación para reparar la falla (Garrido, 2009).

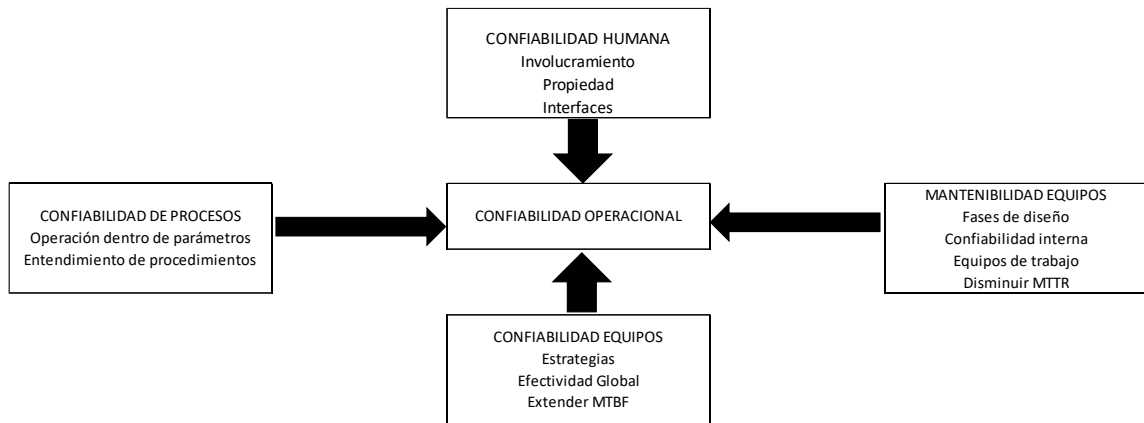
7.1.2. Optimización del mantenimiento

El mantenimiento de forma planeado llamado PMO ayuda a que todo tipo de mantenimiento sea detallado y que tenga un historial que ayude a las mejoras continuas. El poder tener todo planeado visualiza que todas las gestiones estén bajo un control que ayude a solucionar problemas cuando ocurra una falla (García, 2007).

Para optimizar los diferentes sistemas operativos, se deberá considerar aspectos donde no solamente se encuentre el mantenimiento sino también la parte humana debido a que los diferentes equipos de trabajo son quienes mostrarán historiales de fallas o los diferentes indicadores para que la planta entre en funcionamiento acorde a las necesidades de la producción.

La confianza, como se mencionó con anterioridad, se logra con la unión de varios aspectos y sistemas, por tal motivo la figura 1 indica la unión de los diferentes sistemas para conseguir una confianza adecuada.

Figura 1. **Elementos de la confiabilidad operacional**



Fuente: García. (2007). *Gestión de Mantenimiento basado en Confiabilidad*. Consultado el 3 de mayo de 2021. Recuperado de file:///C:/Users/casa/Downloads/11.GestinIntegraldeMantenimientobasadaenConfiabilidad_GMC2007.pdf.

7.1.2.1. **El mantenimiento centrado en la confiabilidad**

Este tipo de mantenimiento involucra 7 preguntas que son básicas según lo indica la norma SAE JA1011 y el artículo de la página de internet de rcm-confiabilidad (2005):

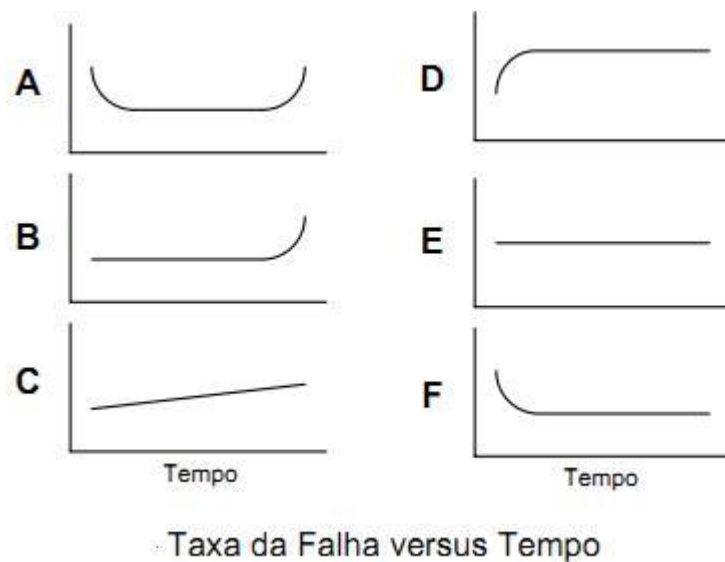
- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de fallas (fallas fusionales) asociadas con estas funciones?
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de fallas?
- ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

Los conceptos anteriores darán la pauta del entendimiento y ejecución del RCM, sin embargo, la explicación matemática y gráfica que indica Engeman (2018) es la siguiente:

Matemáticamente o de forma estadística se debe trabajar en condiciones definidas en un determinado espacio y tiempo. Las fallas pueden ser explícitas en la gráfica siguiente donde se muestra los 6 tipos de gráficos.

Figura 2. **Características de las fallas**



Fuente: Engeman. (2018). *Mantenimiento basado en la confiabilidad*.

Para explicar las curvas, se menciona que A y B dan lugar a los problemas simples con errores bastante altos que son parte del tiempo de uso del equipo, para la parte de las curvas C, D, E y F dan lugar a las fallas más constantes y posiblemente más complejas que pueden tener una baja durabilidad.

Finalmente se mencionará que el RCM utilizará como indicadores el MTBF, MTTR para garantizar el desempeño desarrollado en este tipo de mantenimiento.

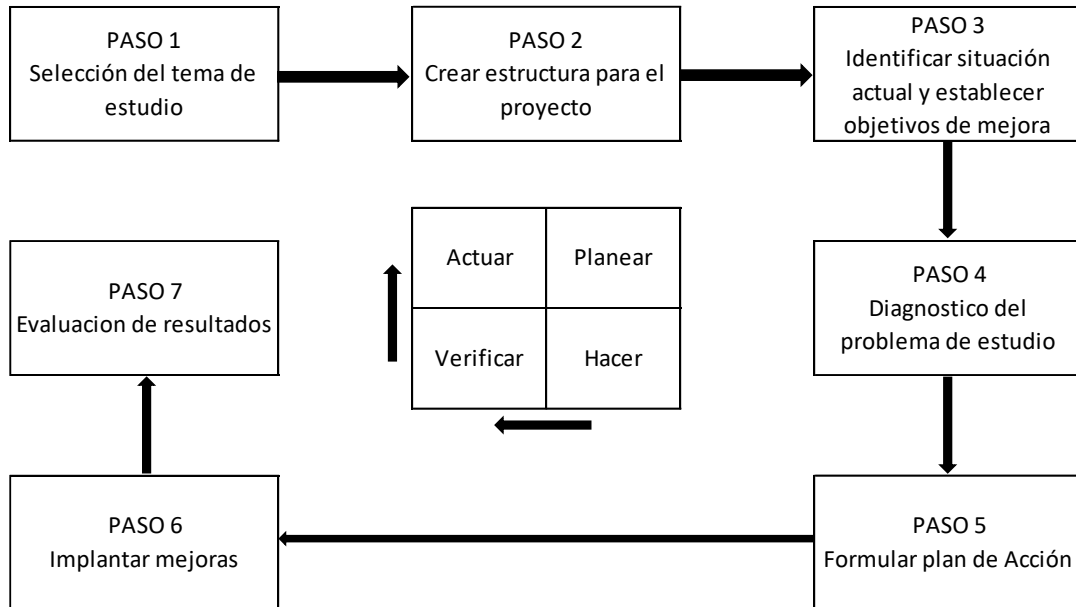
7.1.2.2. Mantenimiento productivo total (TPM)

Es claro que el hecho de tener el equipo disponible y fiable es uno de los mayores objetivos del mantenimiento. De tal manera que los programas de mantenimiento deberán reunir todos los requisitos necesarios para desarrollar los objetivos.

Garrido (2009) su libro sobre ingeniería de mantenimiento indica la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones. Aparece el concepto de TPM, o Mantenimiento Productivo Total, donde menciona que las tareas de rutinas fueron trasladadas a operarios.

El TPM reunirá a los equipos de trabajo para fortalecer las actividades que involucren mejoras en los mantenimientos de los equipos, se reúne varios artículos para mencionar que el TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí; todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato. Gómez (s.f.) también menciona que para conseguir los resultados en los procedimientos se deben seguir los pasos del ciclo Deming de la figura 3.

Figura 3. **Ciclo Deming**



Fuente: Gómez. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total*. Consultado el 3 de mayo de 2021.
Recuperado de https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUCTIVO_TOTAL.

Las recopilaciones de Gómez (s.f.) menciona que para realizar la implantación de un TPM se tendrá un promedio de tiempo de 3 a 6 meses y de 2 a 3 años, siempre que se consideren y se lleven a cabalidad los pasos de la figura 4:

Figura 4. **Etapas de implantación del TPM**



Fuente: Gómez. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total*. Consultado el 3 de mayo de 2021.
 Recuperado de https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUCTIVO_TOTAL.

7.1.2.3. **Mantenimiento basado en el riesgo (RBM)**

Este tipo de mantenimiento se basará en la reducción de todo tipo de fallas que son consideradas como catastróficas, además de ser un sistema que cuantificará los problemas y el valor cuantitativo de los riesgos que se utilizarán para las inspecciones del mantenimiento.

Para proceder con este sistema, Alave (2016) menciona tres fases fundamentales:

- Fase I: estimación del riesgo, teniendo en cuenta una estimación de las consecuencias de cada fallo y la probabilidad de que ese fallo se produzca, que incluye la utilización de Análisis de Árbol de Fallos (FTA).
- Fase II: evaluación del riesgo, definiendo un nivel de riesgo aceptable y comparando los riesgos estimados de cada fallo con ese valor.
- Fase III: planificación del mantenimiento, optimizando el plan de mantenimiento para reducir la probabilidad de los fallos que sobrepasan el criterio de aceptación, reduciendo así su riesgo.

Las jerarquías dentro de la compañía es otro factor que será útil para este tipo de mantenimiento, ya que permitirá la identificación de los mecanismos, degradación y fallos.

Alave (2016), conduce a la norma ISO 14224, que explicará como clasificar los equipos según su jerarquía.

- Las funciones que se ocupa dentro de un proceso se le denomina clase de equipos.
- Cuando se realiza una función específica dentro de un servicio determinado donde está incluido el proceso se le llama sistema.
- También existe la posibilidad de dividir por sus funciones específicas que a eso se le llama subsistema.

Para el mantenimiento basado en el riesgo, se tomarán varias consideraciones más el trabajo de investigación solamente permitirá mencionar

algunas de ellas, por tal motivo se mostrarán tablas donde se indicará la clasificación.

Tabla II. **Nivel de probabilidad de fallo**

Frecuencia	Definición	Casos/Año	Valor
Improbabilidad	Difícil que ocurra; se espera que ocurra menos de una vez en 50 años.	Menos de 0,02	1
Remoto	Baja probabilidad de ocurrencia; ha sucedido o se espera que suceda solo pocas veces, una vez entre los 20 y 50 años.	Entre 0.02 y 0.05	2
Ocasional	Limitada probabilidad de ocurrencia; sucede en forma esporádica, una vez entre los 5 y los 20 años.	Entre 0.05 y 0.2	3
Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia; sucede algunas veces, una vez entre 1 y los 5 años.	Entre 0.2 y 1.0	4
Frecuente	Significativa probabilidad de ocurrencia; sucede en forma reiterada, entre 1 vez y 10 veces al año.	Entre 1.0 y 10	5
Constante	Alta probabilidad de ocurrencia; ocurre en forma seguida, más de 10 veces al año.	Más de 10	6

Fuente: FOPAE. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias.*

Tabla III. **Criterios de las consecuencias**

Criterio	Definición
Insignificante	Las consecuencias no afectan de ninguna forma al sistema. Las pérdidas o daño son despreciables; no producen lesiones a las personas o solo produce lesiones leves sin incapacidad.
Marginal	Las consecuencias no afectan en forma significativa al funcionamiento del sistema. Las pérdidas o daños son pequeños; se pueden producir solo lesiones leves con incapacidad.
Grave	Las consecuencias solo afectan parcialmente el funcionamiento de la organización. Pero no genera peligro su estabilidad; pérdidas o daños moderados; produce o puede producir hasta 30 víctimas graves que requieren hospitalización; no produce muertes.
Crítica	Las consecuencias afectan de manera total el funcionamiento de la organización, en forma temporal, pero no de una manera irrecuperable; pérdidas y daños significativos; produce más de 30 víctimas graves o hasta 5 muertes.
Desastrosa	Las consecuencias afectan totalmente a la organización. Generando daños irrecuperables, pero sin hacerlo desaparecer; pérdidas o daños considerables; puede producir entre 6 y 10 muertes.
Catastrófica	Las consecuencias afectan en forma total a la organización y pueden hacerla desaparecer; pérdidas o daños de gran magnitud; puede producirse más de 10 muertes.

Fuente: FOPAE. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias.*

7.1.3. Indicadores clave para la gestión del mantenimiento (KPI's)

Para los indicadores se tomarán en cuenta los siguientes:

7.1.3.1. Indicadores de eficiencia, confiabilidad y disponibilidad

Como menciona Cruz (2007) “Parte de los indicadores se tomarán en cuenta con base a la descripción que menciona lo siguiente; teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la capacidad para llevar un trabajo o una tarea con pequeños recursos” (p.10).

El que un equipo sea confiable dependerá del número de indicadores, pero para ello se tendrá que comprender cómo se encuentran dichos indicadores y para ello, el artículo de *Scientia et Technica* año XII (2006) explica que:

La probabilidad de cálculo de realizar un intervalo en el tiempo y condiciones de uso se puede dar por:

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Para garantizar una confiabilidad se debe cumplir que no ocurra una falla es decir que la probabilidad de falla sea cero.

Finalmente, después de que un equipo sea eficiente y confiable, tendrá que cumplir la parte de disponibilidad que se localizará de la siguiente manera:

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

Donde:

TMEF: Tiempo promedio entre fallos

TMPR: Tiempo promedio para reparaciones

Scientia et Technica año XII (2006), también ayudará a comprender la parte de disponibilidad mencionando que, la palabra disponibilidad se tomará como un sinónimo de confianza de los equipos donde se expresan en el tiempo dando lugar a que estén dispuestos a trabajar en cualquier momento.

7.1.3.2. Indicadores de gestión del mantenimiento

Cruz (2007) les dará un matiz práctico a los indicadores diciendo que los indicadores de acuerdo a sus tipos (o referencias) pueden ser históricos, estándar, teóricos, por requerimiento de los usuarios, por lineamiento político, planificado, etc.

Por tal motivo para la parte de gestión de mantenimiento, Cruz (2007) señala que los indicadores de mantenimiento en su gestión son utilizados como:

- Medios o instrumentos.
- Se menciona que son una unidad de medida.
- Existe la posibilidad que den mediciones para analizarla.
- Pueden ser usadas para lograr los objetivos.
- Todo lo que puede ser medible puede ser utilizada para el alcance de metas y pueden generar alertas.

7.1.4. Normas internacionales aplicadas a la gestión del mantenimiento

Rivera (2011) aporta al trabajo de investigación, las normas que se considerarán útiles, siendo estas las siguientes:

- UNE 200001-3-11:2003
- UNE-EN 60300-3-14:2007
- UNE 20654-1:1992
- UNE 20654-2:1995
- UNE 20654-3:1996
- UNE 20654-4:2002
- UNE 20654-5:1998.
- UNE 20654-6:2000
- UNE 20863:1996
- UNE-EN 13269:2007
- UNE-EN 13306:2002
- UNE-EN 13460:2003
- UNE-EN 15341:2008
- UNE-EN 29000-3:1994
- UNE-EN 61703:2003
- EN 60706-2:2006
- EN 60706-3:2006
- EN 60706-5:2007

7.2. Procesos térmicos para la conservación de alimentos en la industria

Hrs heat exchangers (2020) en su artículo de internet del tratamiento térmico en la industria alimentaria menciona que:

Existen tratamientos térmicos que ayudan a destruir los microorganismos por medio de calor donde la función es destruir la flora microbiana. Los métodos utilizados se refieren a la pasteurización y esterilización.

Por tal motivo *Hrs heat exchangers* (2020) dará a conocer diferentes puntos para considerar un proceso térmico de alimentos.

- Reducción de flora microbiana.
- No alteraciones por organismos no patógenos.
- Aplicación de calor o frío para cada proceso térmico.
- Los objetivos de la aplicación térmica son las siguientes:
 - Destrucción de microorganismos que dañen al consumidor.
 - Destrucción de microorganismos que dañen el producto.
 - Desactivación enzimática.
 - La retención de factores con un precio mínimo.

7.2.1. Principales procesos térmicos de adición de calor en la industria alimenticia

Estos procesos se describirán de la siguiente manera:

- Pasteurización

- Esterilización
- Escaldado

7.2.1.1. Proceso de pasteurización

Zelada, Bernal y Rojas (2013) en su trabajo de graduación, mencionan escritos de *Fellow* (2000) para explicar que la pasteurización creada por Pasteur en 1864, es el proceso donde se elimina la flora banal, además de inactivar enzimas perjudiciales. Ese tratamiento tiene temperaturas inferiores a los 100 °C.

González (2007) mostrará que la pasteurización es un método de calentamiento que tiene como principal objetivo la destrucción de los microorganismos patógenos que puedan estar en la mezcla, reduciendo el número de los mismos hasta un valor aceptable.

La forma en la que el efecto pasteurización se desarrolla es demostrada por medio de la siguiente función dada por González (2007):

$$t = D * \log \frac{N_0}{N}$$

Donde:

N = Indica el número de microorganismos encontrados en un gramo después de un tiempo (t).

N_0 = Indica el número de microorganismos encontrados en un gramo en $t = 0$.

D = Tiempo necesario para destruir el 90 % de los microorganismos presentes en el producto. Este tiempo d se llama “tiempo de destrucción térmica” o “tiempo de reducción decimal”.

t = Tiempo de calentamiento.

Durante los procesos de pasteurización se deben tomar en cuenta tiempos en los que los microorganismos se destruyen (D) y las elevaciones de temperatura para eliminar los mismos (Z). Y para ello la tabla IV siguiente entrega datos para conseguir la pasteurización.

Tabla IV. **Valores D y Z para algunos microorganismos**

Microorganismos	Temperatura de referencia	D (segundos)	Z °C
Mycrobaterium tuberculosis	82.2	0.018	5.6
Salmonella spp	82.2	0.192	6.7
Staphylococcus spp	82.2	0.378	6.7
Lactobacillus spp	82.2	0.57	6.7

Fuente: González. (2007). *Diseño de un pasteurizador de helados*.

7.2.1.2. Proceso de escaldado

Las notas de Gallardo (2004) indican que el escaldado es un tratamiento con un tiempo de duración bastante corto, este tipo de tratamiento se puede aplicar a vegetales y para ellos se pueden utilizar agua o vapor donde no todos los tipos utilizan el mismo tipo de escaldado. Las encinas es uno de los objetivos

las cuales deben de desactivarse por medio de transferencia de calor para que obtener un proceso adecuado a cada objeto.

Según Ibáñez (s.f.), existen dos tipos de escaldado que se explicarán en la tabla V.

Tabla V. **Tipos de escaldado**

Escaldado por Inmersión	Escaldado a vapor
Sumergir en agua caliente de 3 a 7 minutos el producto que se va a utilizar	Se introducen las hortalizas en ollas a presión o autoclaves
Desventaja: con agua caliente se disuelven principios nutritivos en el agua	Desventaja: no siempre se acierta la temperatura ideal, porque hay verduras que no necesitan altas temperaturas. (Por ej.: las espinacas se escaldan a 76° C)

Fuente: Aguilar. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*.

7.2.1.3. Procesos de esterilización

La esterilización basada en los alimentos se describe como la eliminación de todos los microorganismos (patógenos o no) que puedan estar vivos en el alimento. Este método se relaciona con los productos que se envasarán de manera hermética en latas o frascos de vidrio; este proceso se somete a temperaturas entre los 118 °C a 120 °C en tiempos de aproximadamente 60 segundos.

Al comprender el procedimiento, Alvarado, Martínez, Navarrete, Botello y Jiménez (2009) mencionan en su revista que: el proceso aséptico y el enlatado. El procesamiento aséptico, se esteriliza el alimento para posteriormente pasarlo

a un envasado y sellado donde los costos pueden elevarse. En el proceso de enlatado se pasa al envase y dentro de este se procede a esterilizar, si se compara precios de procesos se puede llegar a una pequeña conclusión en la que se define el precio de enlatado como proceso ideal debido a que el costo es más bajo pero el proceso tiende a ser mucho más lento.

Parte de los métodos que se utilizarán para el trabajo de investigación, serán por medio de un Autoclave debido a que forma uno de los métodos más eficientes referente a la esterilización.

Debe seleccionarse como la primera opción en métodos de esterilización.

Figura 5. **Autoclave**



Fuente: Mora. (2016). *Presentación 3M de procesos de esterilización.*

7.2.2. Procesos de esterilización del frijol

Ramazzini (2009) entrega una pequeña descripción de los frijoles volteados en Guatemala, indicando que los productos que son más consumidos en la región corresponden a frijoles de la marca Ducal que tienen un matiz del estilo guatemalteco, estos pueden ser frijoles rojos o negros y pueden ser mezclados con chorizo o queso con la presentación de frijol volteado.

7.2.2.1. Proceso de esterilización de frijol para presentación de lata

El diseño de los frijoles enlatados se establecieron parámetros de control donde estos fueron basados en la forma de comportarse al someterlo a temperaturas altas y niveles bajos de temperatura. Esta es parte de las descripciones que se realizan para desnaturalización de la fibra y proteína y para dar un razonamiento general para enlatar frijoles.

A continuación, se mostrarán las experiencias obtenidas de la tesis de Muralles (2013) referente a los procesos químicos de esterilización en latas para el frijol volteado:

La muerte de los microorganismos está relacionada con la temperatura y el tiempo donde según los escritos de Muralles (2013) pueden ser en un rango comprendido de presión de 2.1 bares y 121.1 °C con tiempos marcados en minutos de 95.

Los enlatados convencionales normalmente llevan el proceso de ser enlatados, sellados y posterior a esto se someten a cantidades de calor para realizar la esterilización (Muralles, 2013).

7.2.2.2. Proceso de esterilización de frijol en presentación doypack

Uribe (2009) en su revista de internet indica que existen nuevas tecnologías que son básicamente envases flexibles donde estos proporcionan al líquido o producto una larga duración sin necesidad de tener una refrigeración.

Los envases flexibles utilizan una película donde su característica principal es que son realizadas por un proceso llamado coextrusión donde los polímeros y las barreras de oxígeno no se forman de una forma combinada más sin embargo se adhieren para formar empaques con varias cantidades de capas que dan una vida de hasta 365 días del producto sin necesidad de tener un sistema de refrigeración (Uribe, 2009).

7.3. Automatización de los procesos térmicos de esterilización para el frijol

Los procesos de automatización, se realizan en base a los equipos que se tengan en cada uno de los pasos de la producción, es decir, si en el proceso se incluirá termo coplas, estas se deberán colocar como parte de las variables para cumplir con las condiciones que existirán en el proceso de producción.

Ramazzini (2009) indica que la tecnología que se utiliza en los procesos de empaque de frijoles volteados suele utilizarse en cualquier industria donde exista procesamiento de frijoles en cualquier presentación. Así mismo, Ramazzini indica que debe existir un proceso completo donde la industria debe contener, envasadoras, selladoras empacadoras, calderas y cualquier otro equipo que sea necesario para que los procesos de esterilización sean fáciles y eficaces.

7.3.1. Definición de las variables de control y parametrización en el proceso de esterilización para el frijol

Para el entendimiento de la localización de las variables, así como la parametrización, se deberá conocer el tipo y funcionamiento del proceso, para poder alcanzar las necesidades y definir las variables de control en conjunto con la parametrización.

Para esta parte, el trabajo de investigación, se basará en los escritos de De la Cruz (2010).

Para el entendimiento del proceso, las notas de De la Cruz (2010) darán a conocer el procedimiento a utilizar mencionando que:

Cada uno de los procesos los cuales un operador debe realizar debe estar basado en la comprensión de la ejecución de la esterilización. Los operadores deben conocer las temperaturas a las cuales se debe llegar y la cantidad de tiempo en lo que este proceso debe durar, así como el funcionamiento del PLC y si fuera posible los controladores. (p.85)

Al realizar la comprensión del proceso se definirán los algoritmos paso a paso como se muestra en la tabla VI.

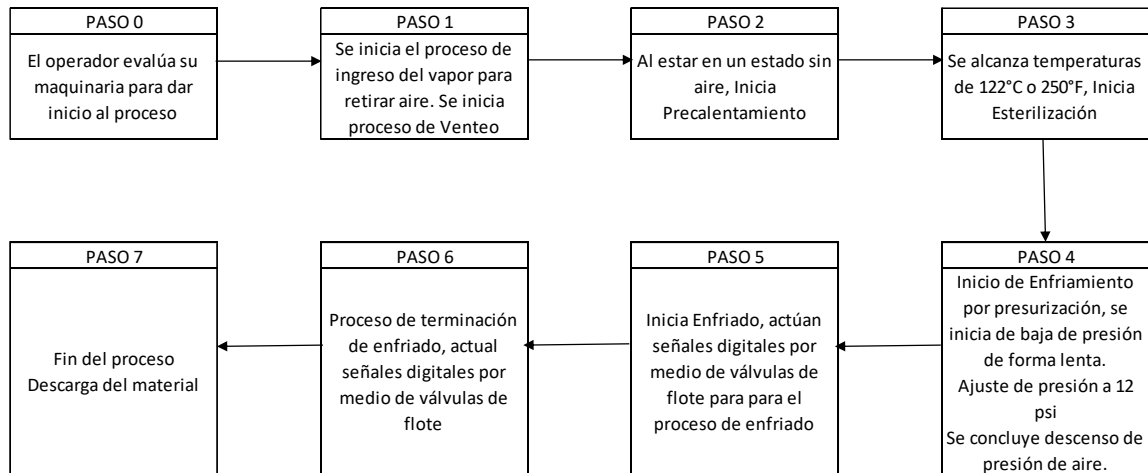
Tabla VI. Algoritmos de la retorta

RETORTA HORIZONTAL	
Condición	Acción
0 A cargo del operador	0.0 Cargar la retorta con producto 0.1 Abrir Vapor y verificar presión 125 psi: Abrir Aire y verificar presión 45 psi 0.2 Seleccionar el producto (pulsadores)
1 Cuando el ciclo Inicia Ingreso del vapor para retirar el aire Inicia VENTEO con vapor	1.0 Abrir válvula de vapor V2 1.1 Abrir válvula de Venteo V7 1.2 Fijar Set Point de Temperatura a 99 °C (210°F) Continuar hasta alcanzar la temperatura de set point y garantiza el desalojo del aire o bien hasta alcanzar 12 minutos luego de iniciado el proceso (finaliza) 1.3 Venteo)
2 Cuando el aire esta fuera de la retorta Inicia PRECALENTAMIENTO	2.0 Cerrar válvula de venteo V7 2.1 Fijar set point de temperatura a 122 °C (250 °F)
3 Se alcanzo temperatura a 122 °C (250 °F) Inicia Esterilización	3.0 Inicia tiempo de esterilización de acuerdo a la selección del producto 3.1 Se mantiene regulada la temperatura a 122 °C (250 °F)
4 Cuando termina el tiempo de esterilización Inicia ENFRIAMIENTO Inicio de baja lenta de presión	4.0 Cerrar válvula de vapor V2 4.1 Abrir Válvula de aire 4.2 Fijar set point de presión de aire a 20 psi Dos minutos luego de iniciado el enfriamiento abrir válvula de agua 1/2" E1 (V3A) 4.3 Arranca bomba P2 4.4
Ajuste de presión a 12 psi para bore de 5.5;10.5;16 onza. termina regulación de presión Se concluye descenso de presión de aire	4.5 Cinco minutos luego de iniciado enfriamiento abrir válvula de agua 2" E2 (V3B) 4.6 Siete minutos luego de iniciado el enfriamiento cerrar válvula de aire 4.7 Abrir válvula de venteo V7
5 Cuando termina la presurización de la retorta Inicia ENFRIADO Actúa S3 (Flote Superior) No actúa S2 (flote Intermedio)	5.00 Inicia tiempo de enfriado según el producto 5.1 Abrir válvula V4 y V6 5.2 Arranca bomba recirculación P1 5.3 Cerrar válvula de agua E1 (V3A) abrir válvula V5 (envío torre de enfriado) 5.4 Cerrar válvula V4 5.5 Abrir válvula de agua E2 (V3B) Continuar hasta terminar el tiempo de enfriamiento de acuerdo a la medida de bote 5.6
6 Cuando termina tiempo de enfriado Actúa S1 (flote inferior) No actúa S1 (flote inferior)	6.00 Cerrar válvula de agua E2 (V3B) 6.1 Continuar con retiro de agua de la retorta 6.2 Parar bomba de recirculación P1. Cerrar V5 y V6
7 Fin del proceso	7.0 Iniciar la descarga de la retorta 7.1 Abrir compuerta y descargar producto

Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área del frijol.*

Lo indicado anteriormente da lugar a la elaboración de un diagrama de flujo y para ello el diagrama de la figura 6 muestra paso a paso el proceso de esterilización.

Figura 6. Diagrama de flujo del algoritmo

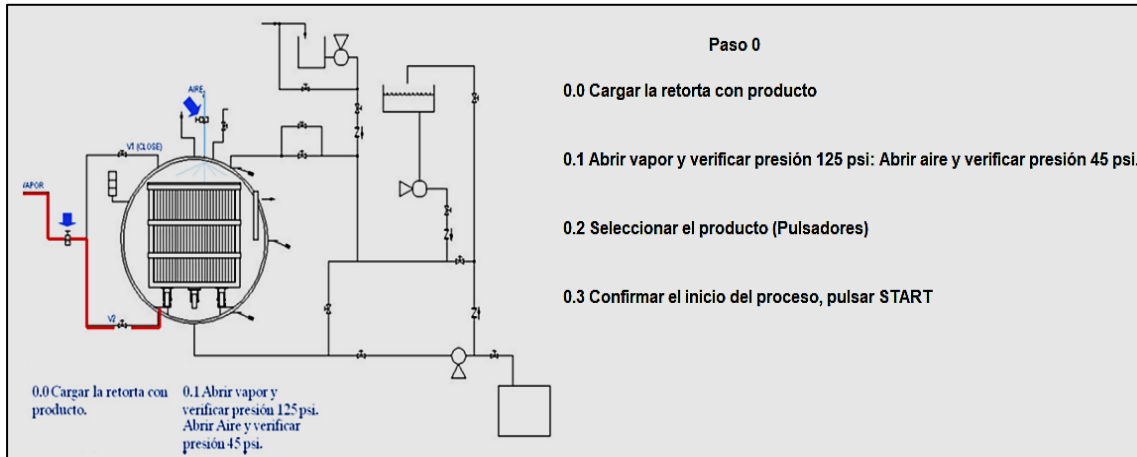


Fuente: De la Cruz. (2010. *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Posteriormente a la evaluación general del algoritmo del proceso de esterilización, se procederá a verificar las variables y actuaciones de cada uno de los componentes eléctricos del proceso. Para la descripción del proceso se seguirá con las notas de De la Cruz (2010) donde cada paso fue descrito en base a la experiencia adquirida.

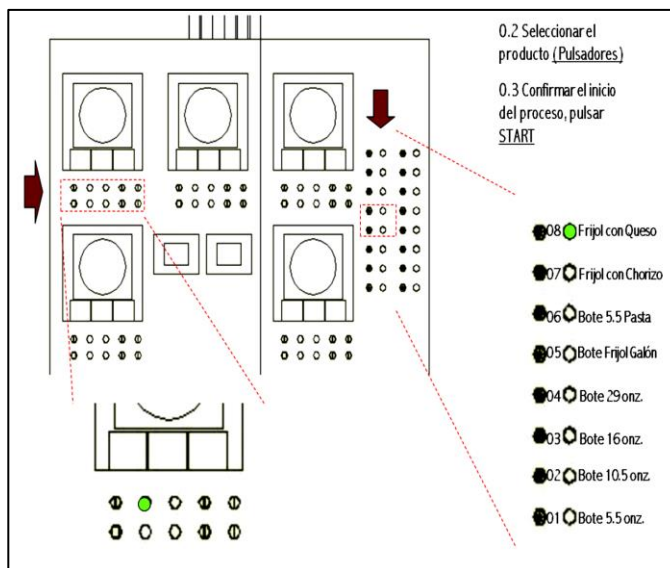
Los pasos con cada uno de los parámetros según De la Cruz (2010) son los siguientes:

Figura 7. **Paso 0. Inicio del proceso de esterilización**



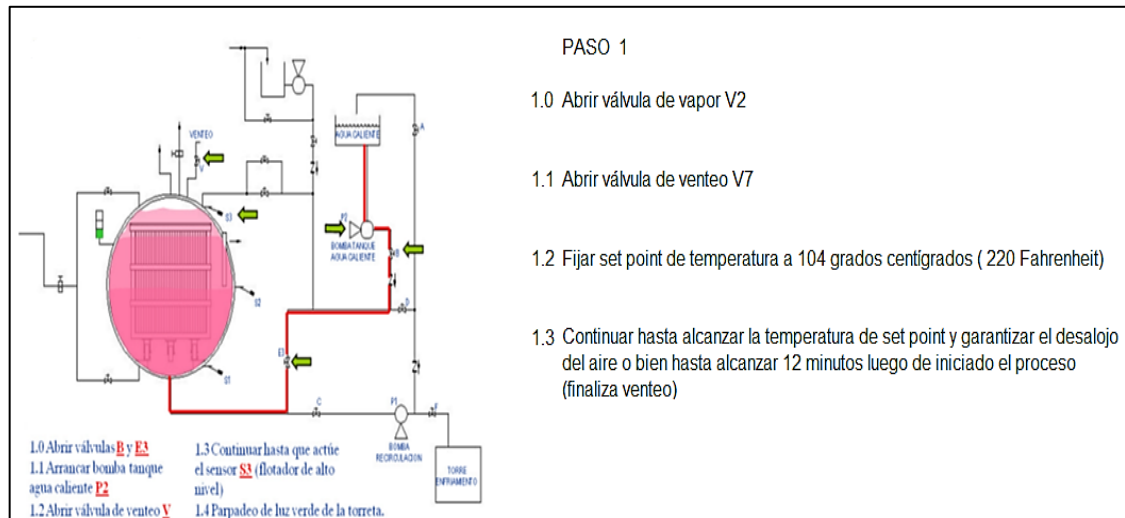
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 8. **Selección del producto a esterilizar**



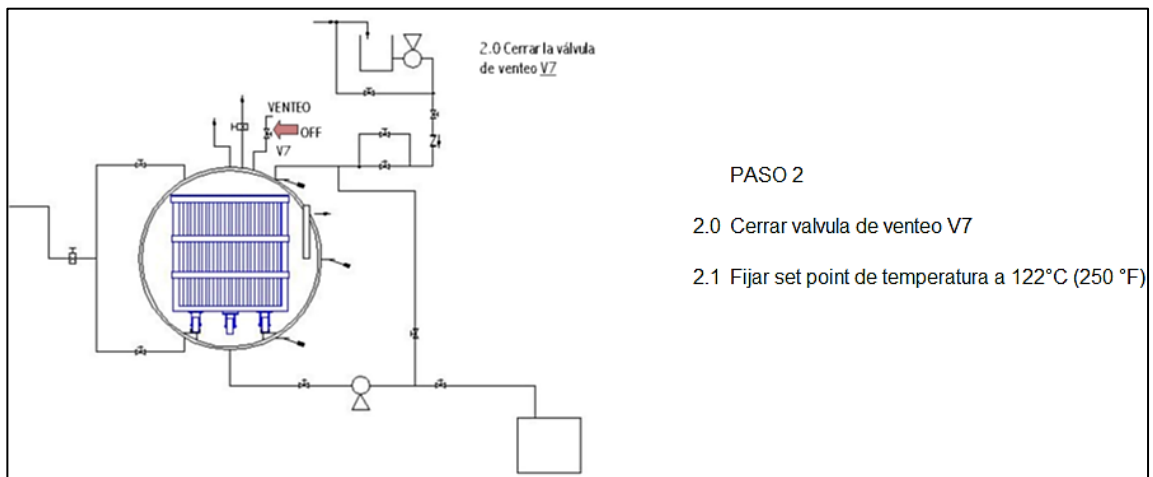
Fuente: De la Cruz. (2010), *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 9. Paso 1. Cuando el ciclo inicia



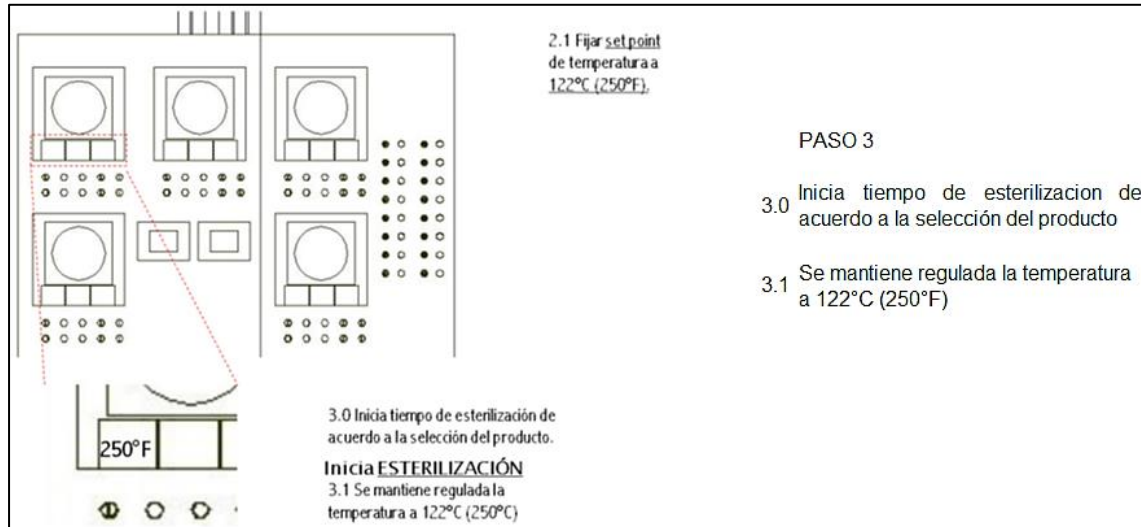
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 10. Paso 2. Fijar el set point de temperatura



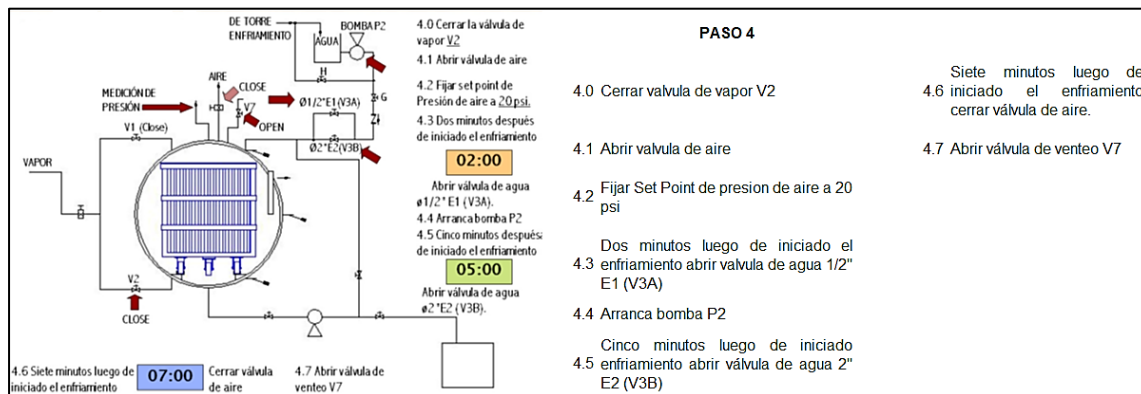
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 11. Paso 3. Inicia la esterilización del producto



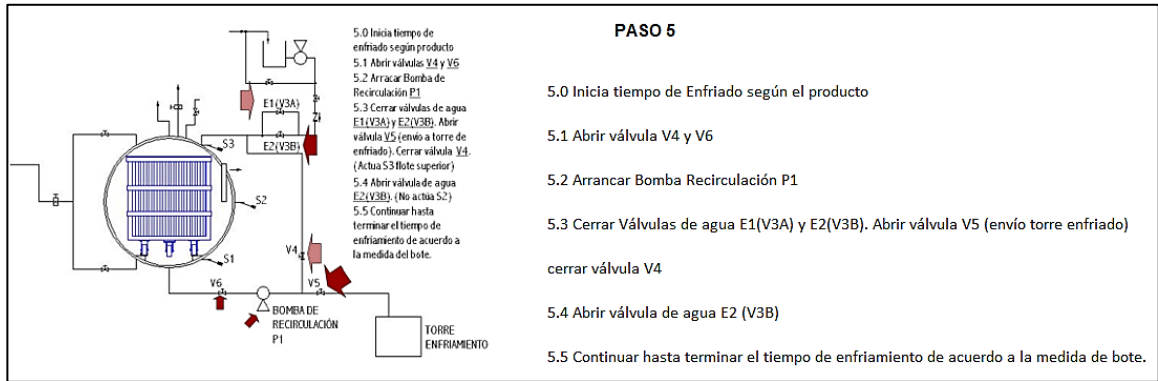
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 12. Paso 4. Termina tiempo de esterilización



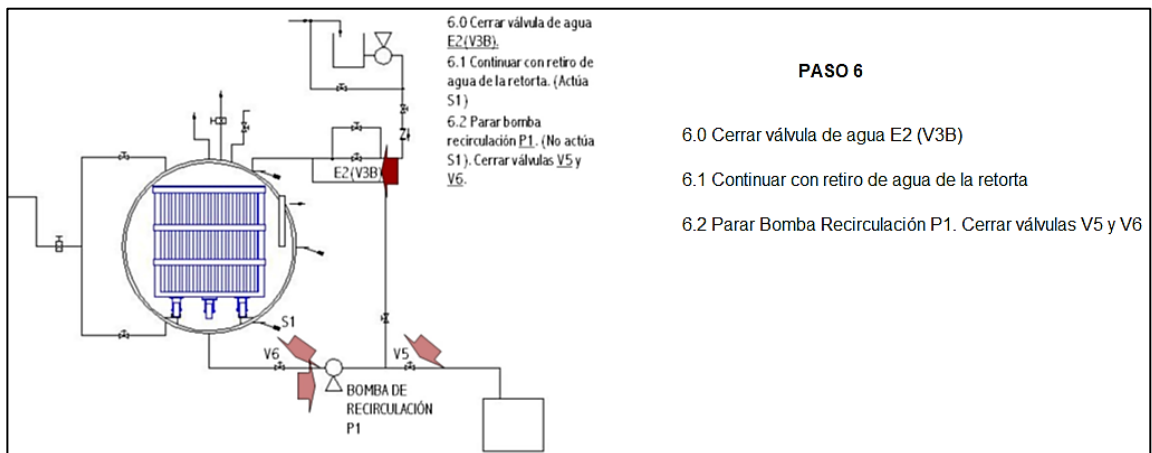
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 13. Paso 5. Termina tiempo de presurización



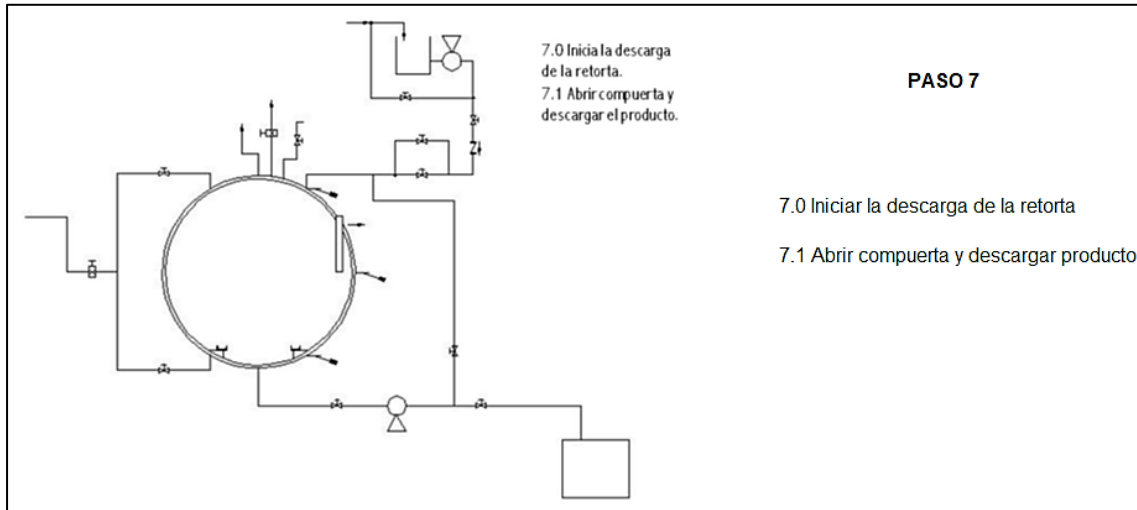
Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 14. Paso 6. Termina el tiempo de enfriado



Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

Figura 15. Paso 7. Fin del proceso



Fuente: De la Cruz. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol.*

7.3.2. Definición de lazos de control y PID necesarios para desarrollo del programa de automatización

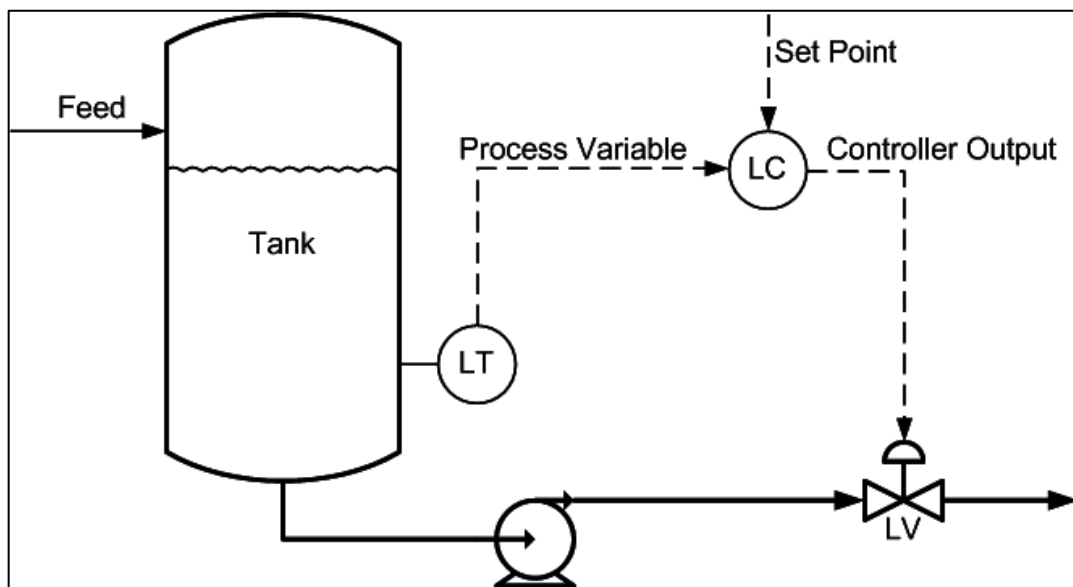
Los lazos de control se presentarán como una parte de estabilización, debido a que estos tenderán a orientarse a disminución de mantenimientos por medio de actuadores que aumenten un proceso y al mismo tiempo aumente la eficiencia. Becerra (2017) marca el concepto de lazo de control como los elementos de medición del proceso que envían una señal al controlador. Al mismo tiempo, el punto de ajuste (*set point*) fijado, se compara con la señal procedente del dispositivo de medición.

El controlador hace una comparación de la señal del proceso y el valor fijado en el *set point*, si hay una diferencia entre estos, el controlador acciona sobre el elemento final de control con el objetivo de alcanzar un valor estandarizado.

Este proceso continuará hasta que se mantenga el punto de fijado en el *set point*.

Becerra (2017), mostrará y aclarará su concepto por medio de la figura 16.

Figura 16. **Elementos de un lazo de control**



Fuente: Becerra. (2017). *Conceptos de lazo de control*. Consultado el 19 de mayo de 2021.
Recuperado de <https://joseangelbecerra.com/2017/11/18/concepto-de-lazo-de-control/>.

Así mismo, Becerra (2017) hará mención de los puntos que componen un lazo de control, siendo estos los siguientes:

- Dispositivo de medición (Instrumento de campo)
- Controlador
- Elemento final de control (Válvula, motor, ventilador, etc.)

Becerra (2017) reúne los puntos anteriores y da origen a los siguientes conceptos:

- Variable del proceso: se conoce como el valor del proceso o el parámetro del proceso, al valor medido actual de una parte particular de un proceso que se está supervisando o controlando.
- Variable manipulada: esta variable es controlada por el actuador.
- Error del controlador: diferencia entre el valor medido y la señal establecida en la medición.
- *Set point*: señal de referencia en un lazo de control.

Los controles que se marcarán para introducir los sistemas de control serán los siguientes:

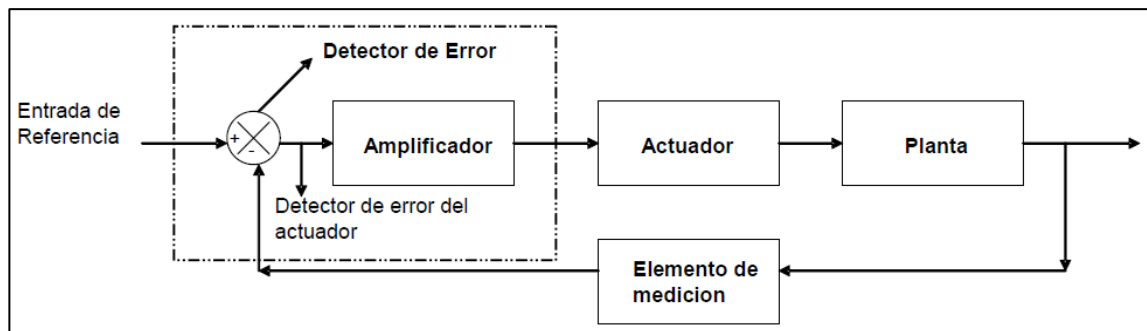
- Control proporcional
- Control derivativo
- Control integral
- Controles de dos posiciones
- Controlador proporcional integral
- Controladores proporcional, integral, derivativo (PID)

Para la comprensión de cada uno de los controladores, en esta parte se mostrará los conceptos de Carrillo (2011) donde marca un concepto general de los controles mencionando que:

El controlador realiza la función de extraer el dato de salida para posteriormente compararlo con el deseado para minimizar el error. La desviación la produce el controlador y así mismo la reduce a cero y a esto se le llama acción de control. (p. 22)

La figura 17 muestra cómo está compuesto un controlador industrial.

Figura 17. **Controlador automático**



Fuente: Carrillo. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*.

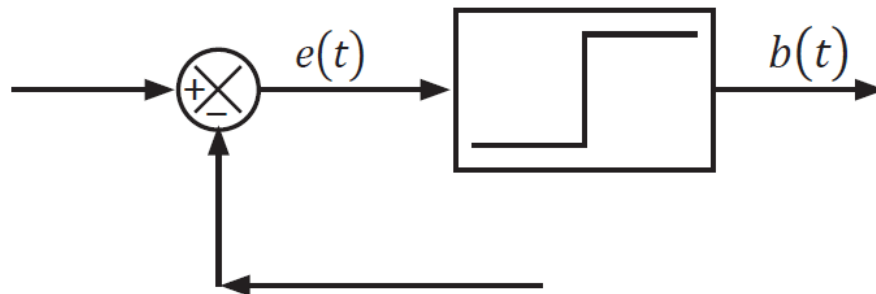
La medición es una variable de salida que convierte en otra variable Carrillo (2011).

Actuarán de manera que sea necesario, por tal motivo se dará una pequeña descripción de algunos controladores como lo pueden ser:

- Controlador de dos posiciones o de encendido-apagado: el control de encendido-apagado es muy barato y sencillo por lo cual es muy utilizado; al suponer la salida del controlador designada como $b(t)$ y la señal de error

designada como $e(t)$. Se observa en el diagrama de bloque en la figura 18, (Carrillo, 2011).

Figura 18. **Controlador de dos posiciones**

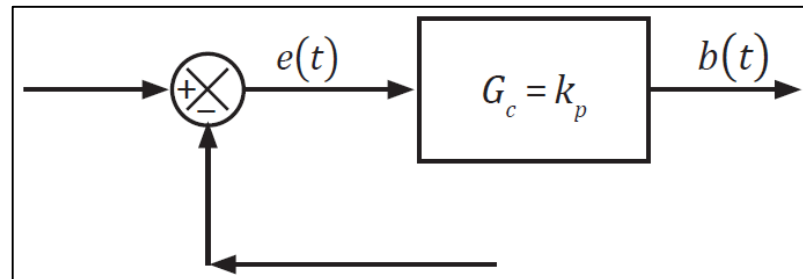


Fuente: Carrillo. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*.

- Controlador proporcional: este controlador que se presenta en la figura 19, muestra una ganancia que se le puede denominar de segundo orden donde el controlador responderá de una forma proporcional al error. Para minimizar el valor del error se deberá aumentar la ganancia según la ecuación descrita, sin embargo, la oscilación se tendrá en forma de aumento.

$$G_c = \frac{b(s)}{E(s)} = k_p,$$

Figura 19. **Controlador proporcional**



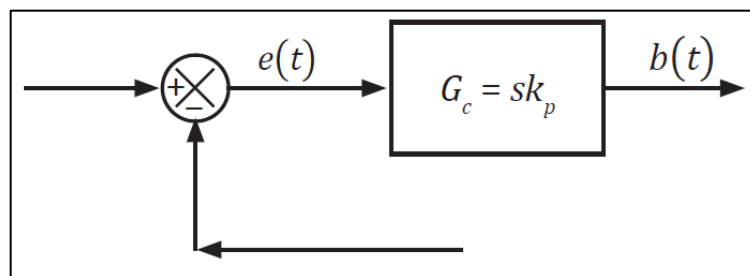
Fuente: Carrillo. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*.

- Controlador derivativo: el controlador responde a la ecuación mostrada, teniendo una respuesta a la razón de cambio de la velocidad del error, produciendo una corrección de error antes que la magnitud sea grande.

$$G_c = \frac{b(s)}{E(s)} = sk_p$$

La figura 20 muestra el control derivativo de la siguiente forma:

Figura 20. **Controlador derivativo**

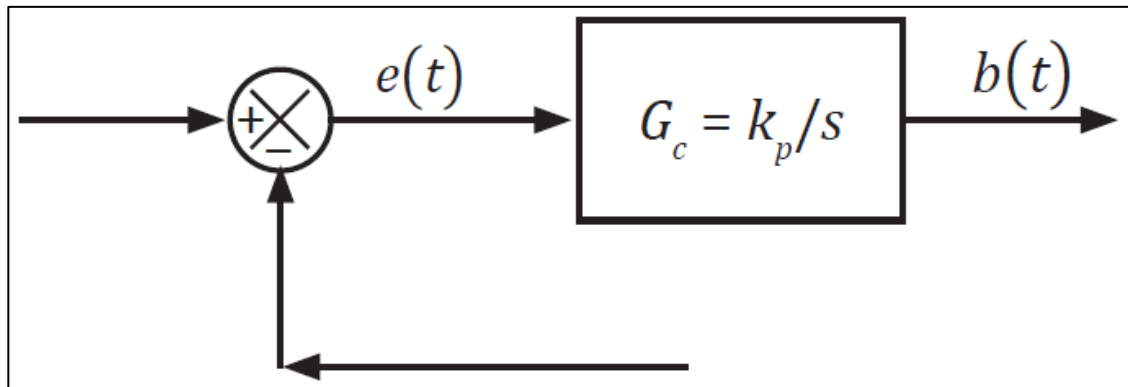


Fuente: Carrillo. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*.

- Controlador integral: se puede mencionar que existe una mejora en el controlador al producir un offset (error de estado estacionario en presencia del controlador proporcional) esto se observa colocándolo en un sistema de primer orden (Carrillo, 2011).

$$G_c = \frac{b(s)}{E(s)} = \frac{k_p}{s}$$

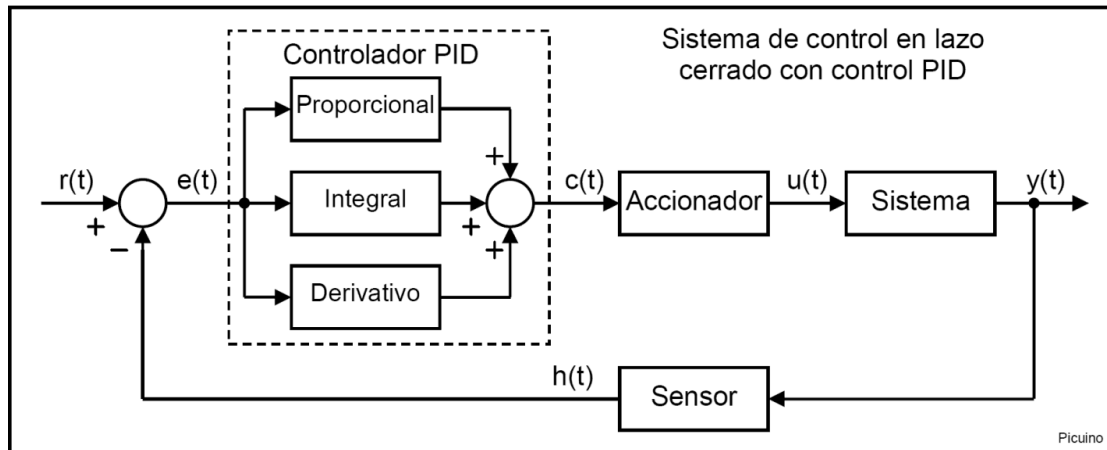
Figura 21. **Controlador Integral**



Fuente: Carrillo, (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*.

- Controlador PID: el controlador PID se formará de controladores proporcionales, integrales y derivativos como se muestra en la figura 22.

Figura 22. Sistema PID



Fuente: Pardo. (s.f.). *Controlador PID*. Consultado el 25 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>.

El sistema PID marca sus diferentes funciones de la siguiente manera:

- Acción proporcional
- Acción derivativa
- Acción integral

7.3.3. Tipos de programación y protocolos de comunicación en equipos industriales

Cada uno de los instrumentos que harán funcionar el proceso enviará señales de control que a su vez serán tomados y programados mediante un PLC. Para poder entender el lenguaje, se entenderá la parte de programación.

Los lenguajes pueden definirse de la siguiente forma:

- Diagrama de Funciones Secuenciales: lenguaje de bloques y secuenciales.
- Diagrama de Bloques de Funciones: formado por bloques secuenciales.
- Diagramas de Tipo Escalera (LAD): llamado de escalera.
- Texto Estructurado (ST): es un diagrama muy parecido al C o Pascal.
- Lista de instrucciones (IL o STL): lenguaje utilizado con acumuladores

Los programadores de aplicaciones familiarizados con Controladores Lógicos Programables (PLC's) PLC – software y lenguajes de programación en el área industrial, prefieren lenguajes visuales; por su parte quienes tienen formación en electrónica e informática optan inicialmente por los lenguajes escritos.

La comunicación entre los equipos tomará un auge muy importante debido a que es la base que se utilizará para realizar las comparaciones, los errores, entre otros y así transmitirlos para simplificarlos. Los buses que contienen más presencia son los siguientes:

- HART
- Profibus
- Fieldbus Foundation
- HART: con el protocolo Hart se agrupa la señal analógica en señales de 4 a 20 ma, AEI (2006).

- Profibus: según AEI (2006) menciona que el cable esta normada por EN 50170 y existen tres perfiles:
 - Profibus DP
 - Profibus PA (*Process Automation*)
 - Profibus FMS

- Modbus: según AEI (2006), la comunicación es bastante rápida y puede utilizarse para sistemas Scada.

- Devicenet: finalmente, otro de los protocolos de programación es Devicenet que según AEI (2006), es muy simple de tecnología donde solamente puede utilizarse para sensores.

Para mostrar un mejor concepto de los tipos de comunicación, la tabla VII siguiente muestra los protocolos resumidos y sus características:

Tabla VII. **Protocolos de comunicación**

Nombre	Topología	Soporte	Más dispositivos	Tasa de transmisión	Distancia máxima	Comunicación
Profibus DP	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	127/segm	Hasta 1.5M y 12M	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus PA	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	14400 /segm	31.5K	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
Profibus FMS		par trenzado fibra óptica	127/segm	500K		Master/Slave peer to peer
Foundation Fieldbus HSE	estrella	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	100M	0.1 par 2 fibra	Single/multi master
Foundation Fieldbus H1	estrella o bus	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	31.25K	1.9 cable	Single/multi master
LonWorks	bus, anillo, lazo, estrella	par trenzado fibra óptica coaxial, radio	32768 /dom	500K	2	Master/Slave peer to peer
Interbus-S	segmentado	par trenzado fibra óptica	256 nodos	500K	400/segm 12.8 total	Master/Slave
DeviceNet	troncal/puntual c/bifurcación	par trenzado fibra óptica	2048 nodos	500K	0.5 6 c/repetid	Master/Slave, multi-master, peer to peer
AS-I	bus, anillo, arbol, estrella	par trenzado	31 p/red	167K	0.1, 0.3 c/rep	Master/Slave
Modbus RTU	línea, estrella, arbol, red con segmentos	par trenzado coaxial radio	250 p/segm	1.2 a 115.2K	0.35	Master/Slave
Ethernet Industrial	bus, estrella, malla-cadena	coaxial par trenzado fibra óptica	400 p/segm	10, 100M	0.1 100 mono c/switch	Master/Slave peer to peer
HART		par trenzado	15 p/segm	1.2K		Master/Slave

Fuente: AEI. (2020). *Redes de comunicación industriales*. Consultado el 25 de mayo de 2021. Recuperado de <https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/2734671/aei-518-comunicaciones-industriales-siglo-xx-industria-siglo-xxi>.

7.3.4. Equipos de control e instrumentación para automatización del proceso

La instrumentación es una de las partes que cambiará los procesos industriales y revolucionará la programación en los diferentes lenguajes de programación.

Se dan conceptos básicos, pero fundamentales de cómo entender la instrumentación y cómo actúan los complementos de integración para lograr una automatización en un proceso. Para ello a continuación se menciona lo siguiente:

- Instrumentación: sistema de medición para identificar cantidades físicas o químicas con el objetivo de archivar la información.
- Sistema de medición: elementos para formar un instrumento donde se convierte una medición en una señal.
- Señal: es una muestra física que puede ser medida.
- Indicadores: son capaces de expresar ciertas escalas al operador.
- Transmisor: capaz de convertir las señales en lecturas para integrar en el PLC.
- Controladores: equipo que se encarga de poder corregir comparando valores ideales con valores reales.
- Transductores: encargados de obtener varias señales y convertirlas en una sola.
- Error: se expresa como la diferencia entre la señal real y la señal ideal que normalmente se expresa en porcentaje.
- Sensor: capaz de dar una señal dependiendo de lo que se desea medir.

8. ÍNDICE DE CONTENIDOS DEL INFORME FINAL

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Procesos térmicos aplicados a la automatización

1.1.1. Proceso de automatizado para la pasteurización

1.1.2. Proceso de automatizado para la esterilización

1.1.3. Planteamiento del plan de mantenimiento

1.1.4. Normativas aplicadas a la automatización de frijoles

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS

9. METODOLOGÍA

9.1. Enfoque

El siguiente trabajo de investigación tiene un enfoque mixto, por lo siguiente:

Por la medición de variables para el control de procesos de esterilización, pasteurización y escaldado así mismo por todo tipo de parámetros durante la programación de variables, se dice que es cuantitativo. La revisión de todo tipo de documento del problema y el marco teórico relacionado se define como cualitativo.

9.2. Diseño de la investigación

Para la investigación se realizó una experimental, sabiendo que los ensayos de laboratorio para la comprobación y determinación de resultados son fundamentales para los cumplimientos de normas. Los datos se obtienen mediante instrumentos de medición, pruebas de ensayo y error para determinar niveles adecuados para los procesos.

9.3. Tipo de estudio

Es descriptivo, de forma que todo tipo de resultados, características, factores y procedimientos podrán ser ordenados. El trabajo de investigación describirá los procesos para los tres diferentes tipos de eliminación de bacterias, así como todo tipo de procesos que conlleven a la automatización de los

parámetros para obtener resultados, acorde a las normativas y controles de calidad.

9.4. Alcance

El alcance de la investigación es descriptivo, porque busca especificar las propiedades de la eliminación de bacterias que produzcan descomposiciones de alimentos. Además de procesos de empaque y distintas presentaciones que estén involucrados en los parámetros y variables eléctricas para realizar los protocolos de programación de los autómatas.

9.5. Variables e indicadores

Las variables a analizar son de tipo cualitativo, siendo estas la calidad del producto a esterilizar y el tiempo de vida anaquel del producto.

Tabla VIII. **Variables e indicadores**

Objetivo	Variable	Tipo de variable	Indicador	Técnica	Plan de tabulación
Implementación del sistema automatizado y mantenimiento de procesos térmicos de esterilización de frijoles volteado en presentación tipo doy-pack en las instalaciones de la fábrica de productos de alimentos	Mitología de automatización de procesos	Dependiente cualitativa nominal	Mitología de la automatización y plan de mantenimiento		
Determinar los factores necesarios para la creación de una línea nueva basada en el proceso de frijoles. Identificar los parámetros necesarios para la creación de lazos de control y PID dentro del proceso de automatización	Factores y parámetros para la automatización de procesos	Dependiente cualitativa nominal	Índice de los reportes de los procesos	Entrevista	Todo resultado será registrado en una matriz
Crear un plan de mantenimiento para la confiabilidad del sistema de producción	Indicadores para crear el plan de mantenimiento	Dependiente cualitativa nominal	Índice de los reportes de los procesos	Entrevista	Todo resultado será registrado en una matriz
Evaluar los beneficios de la producción de frijoles volteados en la presentación doy-pack dentro y fuera de la compañía	beneficios de la producción	Dependiente cualitativa nominal	Índice de los reportes de los procesos	Entrevista	Todo resultado será registrado en una matriz

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases de la investigación

El presente trabajo de investigación se obtendrán distintas fases con el fin de obtener resultados y parámetros medibles y son los siguientes:

9.7. Fase 1

Revisión documental para tener la capacidad de comprender los procesos térmicos de cada uno de los tipos de eliminación de bacterias (5 semanas).

9.8. Fase 2

Todo tipo de información se obtendrá por medio de entrevistas al personal involucrado en las pruebas de laboratorio y de proceso de la elaboración de frijol en sus distintas presentaciones (10 semanas).

9.9. Fase 3

Análisis de cada uno de los datos obtenidos durante los trabajos y procesos en los cuales serán de utilidad para la planificación de los planes de mantenimiento que sean de mejora en la industria (5 semanas).

9.10. Fase 4

Define la integración del proyecto de manera que se involucre todo tipo de trabajo mecánico, analítico, pruebas y puesta en marcha del proceso para que las directrices sean funcionales para la industria (8 semanas).

9.11. Resultados esperados

Para establecer el resultado, se definirá la base teórica como punto de partida.

También se espera concertar los procesos de instalación para identificar errores que sean corregibles dentro de la programación.

Finalmente, se realizará el reporte final y la puesta en marcha para una efectiva línea de producción.

9.12. Población y muestra

Para el plan de muestreo se utilizará el plan de marco muestral, debido a que, aunque sean pocos tipos de eliminación de bacterias, la eliminación deberá ser efectiva sin correr algún riesgo. La revisión será de forma individual para cada uno de los procesos de manera que los tres tipos de eliminación de bacterias sean realizados de forma adecuada cuidando la calidad en cada empaque.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

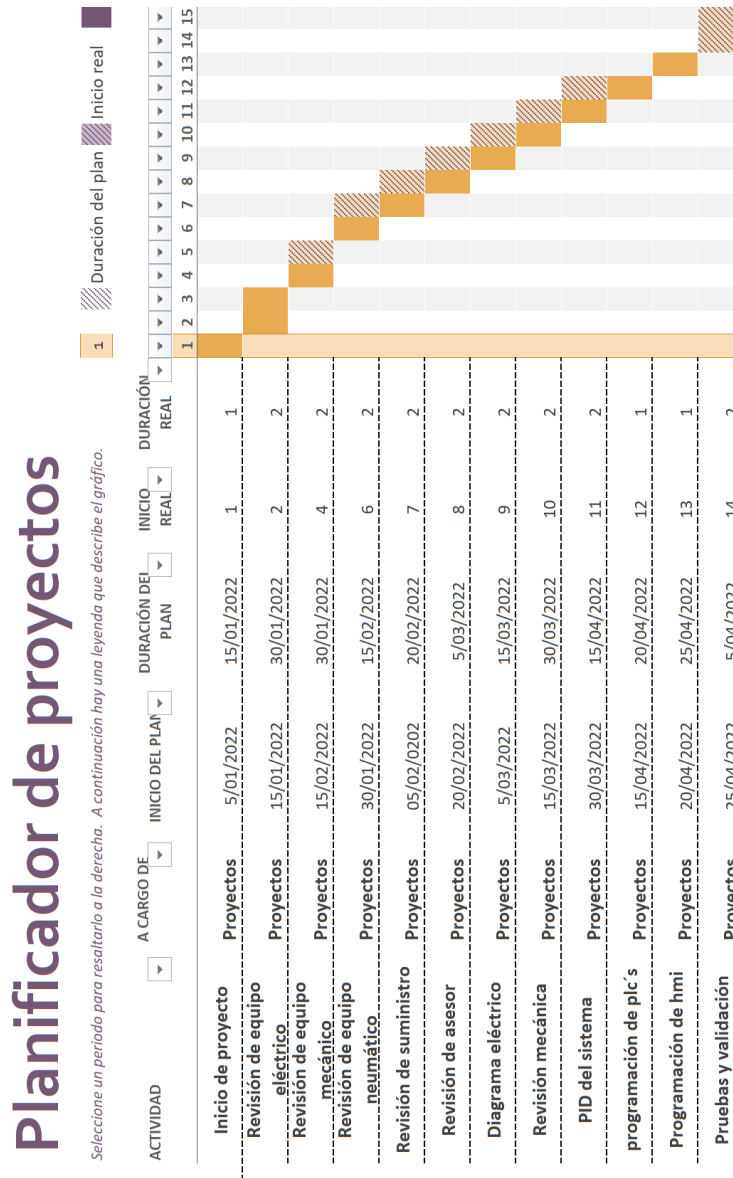
El análisis se aplicará por medio de estadística descriptiva. Este tipo de estadística indica que se debe contar con muestras para realizar análisis y conclusiones. Para fines de este trabajo de investigación, las muestras de los procesos térmicos serán realizadas en campo.

Se tomarán las técnicas de estadística descriptiva, para la recolección de la información, una de las técnicas será la entrevista a los supervisores de control de calidad que servirá para obtener la información del estado físico para posteriormente llevarlo a pruebas de laboratorio que comprueben la calidad del producto.

Es fundamental el reconocimiento de los aportes de la información, por parte de los supervisores de calidad y jefes de producción debido a que ellos validarán el producto final, sabiendo que cualquier defecto puede ser corregido dentro de los parámetros programados.

11. CRONOGRAMA

Tabla IX. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.1. Recursos físicos

Se podrá acceder a todo tipo de infraestructura que sea necesario como lo puede ser autoclaves, transporte de productos que estén involucrados dentro de los procesos de automatización.

12.2. Recursos humanos

La comunicación de los ingenieros será fundamental debido a que todo tipo de aporte de alimentos, mecánicos, eléctricos y de calidad serán vitales para que el producto final sea el esperado.

12.3. Recursos financieros

La parte financiera la trabajará la Fábrica de alimentos, quien será la encargada de proporcionar todo tipo recurso necesario durante la construcción de la línea producción. Cada uno del personal que actúe dentro del proyecto pertenecerá a la Fábrica, quien hasta el momento no tiene previsto realizar contratación de empresas externas

El financiamiento será mixto donde existirá aporte del investigador y aporte de la empresa, quedando de la siguiente forma:

Tabla X. **Costos y factibilidad**

Ítems	Recurso	Descripción de gasto	Financiamiento	Costo unitario	Porcentaje
1	Humano	Inversión de tiempo del investigador	Investigador	Q 11,000.00	36.67 %
2	Humano	Asesor de investigación	Investigador	Q 2,500.00	8.33 %
3	Material	Papelería y útiles	Investigador	Q 2,500.00	8.33 %
4	Transporte	Depreciación de vehículo, combustible y transporte público	Empresa	Q 6,000.00	20.00 %
5	Viáticos	Viáticos y hospedaje	Empresa	Q 4,000.00	13.33 %
6	Tecnológico	Internet	Investigador	Q 1,500.00	5.00 %
7	Comunicación	Telefonía	Investigador	Q 1,500.00	5.00 %
8	Varios	Imprevisto	Investigador	Q 1,000.00	3.33 %
Total				Q 30,000.00	100.00 %

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. AEI. (17 de mayo, 2020). Redes de comunicación industriales. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/2734671/aei-518-comunicaciones-industriales-siglo-xx-industria-siglo-xxi>.
2. Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (28 de abril, 2011). Mantenimiento seguro en la fabricación de alimentos y bebidas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/51290-Mantenimiento.
3. Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. México: Red tercer Milenio S.C.
4. Alave, E. (2016). *Desarrollo e implementación de una metodología de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para microcentrales hidroeléctricas*. (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/12295/TM-1790-Alave%20Alavi%2c%20Edwin%20Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
5. Alvarado, J., Martínez, G., Navarrete, J., Botello, E. y Jiménez, H. (Diciembre de 2009). Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados. *Revista de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, 1(50), 87-98.

6. Becerra, J. (18 de noviembre, 2017). Conceptos de lazo de control. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://joseangelbecerra.com/2017/11/18/concepto-de-lazo-de-control/>.
7. Carrillo, J. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*. Santa Rita, Venezuela: UNERMB.
8. CIMA. (1986). *Mantenimiento preventivo*.
9. Cruz, O. (2007). Indicadores de Gestión. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://docplayer.es/49436198-Indicadores-de-gestion-cruz-lezama-osain.html>.
10. De la Cruz. M. (2010). *Modernización y actualización de controles eléctricos, electrónicos y neumáticos del procedimiento industrial en el área de frijol*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0750_EA.pdf.
11. Engeman. (11 de octubre, 2018). Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://blog.engeman.com/es/rcm/>
12. FAO. (1993). *Código de prácticas de higiene para alimentos poco ácidos y alimentos acidificados envasados*. Recuperado de https://www.fao.org/ag/agn/cdfruits_es/others/docs/cac-rcp1-1969.pdf.

13. FOPAE. (2012). *Metodología de análisis de riesgo documento soporte, guía para elaborar planes de emergencia y contingencias*. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá.
14. Gallardo, M. (2004). Validación experimental de un software asistido por internet para describir el proceso combinado escaldado - hidrogenfriado en floretes de brócoli. (Tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fag163v/doc/fag163v.pdf>.
15. García, O. (20 de junio, 2007). *Gestión de Mantenimiento basada en Confiabilidad*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de [file:///C:/Users/casa/Downloads/11.GestinIntegraldeMantenimiento basadaenConfiabilidad_GMC2007.pdf](file:///C:/Users/casa/Downloads/11.GestinIntegraldeMantenimiento%20basadaenConfiabilidad_GMC2007.pdf).
16. Garrido, S. (2009). *Mantenimiento correctivo organización y gestión de la reparación de averías*. Madrid, España: Renovetec.
17. Gómez, J. (s.f.). *Mantenimiento Productivo Total*. Recuperado de [https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUC TIVO_TOTAL](https://www.academia.edu/9353979/MANTENIMIENTO_PRODUC_TIVO_TOTAL).
18. González, M. (2007). *Diseño de un pasteurizador para helados*. España: Universidad de Cádiz, Departamento de Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente.
19. Hrs heat exchangers (s.f.). Artículo de tratamiento térmico. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.hrs-heatexchangers.com/es/recursos/tratamiento-termico-en-la-industria-alimentaria/>.

20. Mesa, D., Ortiz, Y. y Pinzón, M. (Mayo de 2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica*, XII (30), 155-160.
21. Mora, D. (2016). *Presentación 3M de procesos de esterilización*. Colombia: Ministerio de Salud.
22. Moya, N. (10 de junio, 2017). Proceso de esterilización. [Mensaje de un blog]. Recuperado de http://afam.org.ar/textos/13_08/proceso_estirilizacion.pdf.
23. Pardo, C. (s.f.). Controlador PID. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html>.
24. Rivera, E. (2011). *Sistema de gestión del mantenimiento industrial*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1661/Rivera_re.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
25. Salazar, B. (2019). *Gestión del mantenimiento*. Recuperado de www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/que-es-la-gestion-del-mantenimiento/.
26. Sanzol, L. (2010). *Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración*. (Tesis de licenciatura). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de telecomunicación, España. Recuperado de <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/2049/577191.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

27. Zelada, C., Bernal, A. y Rojas, D. (Diciembre de 2013). Efecto de la temperatura de pasteurización y proporción de mezclas binarias de pulpa de carambola y mango sobre su capacidad antioxidante lipofílica. *Revista de Ingeniería Industrial*, 8(31), 197-219.

