



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

**PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE HELADO, EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS
BALCÁNICOS, *GLAD* SOCIEDAD ANÓNIMA**

Estuardo David Dubón Vásquez

Asesorado por el Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE RECONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE
HELADO, EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS Balcánicos, GLAD SOCIEDAD
ANÓNIMA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ESTUARDO DAVID DUBÓN VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova 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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	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:

**PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE HELADO, EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS
BALCÁNICOS, *GLAD* SOCIEDAD ANÓNIMA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 06 de febrero del 2018.



Estuardo David Dubón Vásquez



Guatemala, 23 de abril de 2019
REF.EPS.DOC.366.04.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

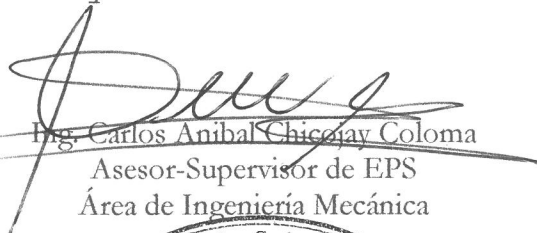
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Estuardo David Dubón Vásquez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200921687, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HELADO EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS BALCÁNICOS, GLAD SOCIEDAD ANÓNIMA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Anibal Chicoy Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 23 de abril de 2019
REF.EPS.D.146.04.19

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

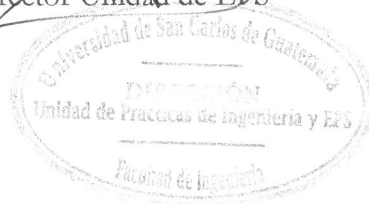
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HELADO EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS BALCÁNICOS, GLAD SOCIEDAD ANÓNIMA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Estuardo David Dubón Vásquez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.154.2019

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HELADO EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS BALCÁNICOS, GLAD SOCIEDAD ANÓNIMA** del estudiante **Estuardo David Dubón Vásquez**, CUI **2565555670101**, **Reg. Académico No. 200921687** y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo de 2019

/aej



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

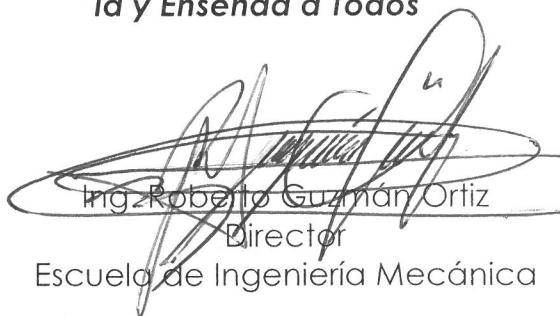
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.200.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE RECONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HELADO EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS BALCÁNICOS, GLAD SOCIEDAD ANÓNIMA** del estudiante **Estuardo David Dubón Vásquez, CUI 2565555670101, Reg. Académico No. 200921687** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio 2019

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

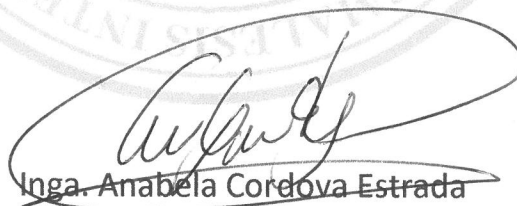


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 326.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE REACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HELADO, EN INDUSTRIA ALIMENTICIA LÁCTEOS Balcánicos, GLAD SOCIEDAD ANÓNIMA**, presentado por el estudiante universitario: **Estuardo David Dubón Vásquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por bendecirme con la vida, familia, salud, amigos y la fortaleza de seguir siempre adelante.

Mis padres

Dra. María Estela Vásquez Alfaro e Ing. Mario Estuardo Dubón Gómez, por el amor, esfuerzo y apoyo incondicional que me han brindado. Papá, mamá gracias por todo, esto es por ustedes.

Mis familiares

Tíos, primos y a mis abuelitos.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería y a
la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Mis amigos

Javier Velásquez, Cesar Alvarado, Saray Pineda
y Manfredo Martínez.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Antecedentes de la empresa <i>Glad</i> , S.A.....	1
1.1.1. Información general e historia.....	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	2
1.1.5. Política de calidad.....	3
1.1.6. Política de seguridad alimentaria.....	3
1.1.7. Organigrama.....	3
1.2. Productos de la empresa.....	4
1.2.1. Yogurt líquido.....	5
1.2.2. Helado de yogurt	5
1.3. Conceptos básicos	5
1.3.1. Leche.....	5
1.3.1.1. Composición de la leche.....	6
1.3.1.2. Tipos y características	6
1.3.1.3. Calidad y evaluación.....	9
1.3.2. Peligros para la salud	10

1.3.3.	Código alimentario	11
1.3.4.	Productos derivados de la leche	11
1.4.	Producción	13
1.4.1.	Capacidad de producción.....	14
1.4.2.	Productividad.....	14
1.5.	Energía eléctrica	14
1.5.1.	Corriente eléctrica	14
1.5.1.1.	Corriente continua o directa	15
1.5.1.2.	Corriente alterna.....	15
1.6.	Automatización industrial	16
1.7.	Mantenimiento industrial	18
1.7.1.	Objetivo del mantenimiento	19
1.7.2.	Tipos de mantenimiento	19
1.7.2.1.	Mantenimiento preventivo	20
1.7.2.1.1.	Tipos de mantenimiento preventivo.....	24
1.7.2.2.	Mantenimiento correctivo	25
1.7.2.2.1.	Características	26
1.7.2.2.2.	Desventajas	26
1.7.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	27
1.7.2.3.1.	Técnicas del mantenimiento predictivo.....	28
1.7.2.4.	Análisis de temperatura: termografías	29
1.7.2.4.1.	Análisis de vibraciones	29
1.7.2.4.2.	Análisis de energía.....	30

	1.7.2.4.3.	Alineación y balanceo dinámico	31
	1.7.2.4.4.	Análisis de aceites.....	32
	1.7.2.4.5.	Análisis cromatográfico de gases (G1).....	32
1.7.2.5.		Mantenimiento proactivo.....	33
1.7.2.6.		Mantenimiento productivo total o TPM	34
	1.7.2.6.1.	Objetivos del TPM	35
	1.7.2.6.2.	Características.....	36
	1.7.2.6.3.	Beneficios del TPM.....	37
1.7.3.		Ventajas del uso de mantenimiento.....	37
1.7.4.		Índices de clase mundial para el mantenimiento	39
	1.7.4.1.	Tiempo medio entre fallas	40
	1.7.4.2.	Tiempo medio para reparación	40
	1.7.4.3.	Tiempo medio para la falla	41
	1.7.4.4.	Disponibilidad de equipos.....	42
	1.7.4.4.1.	Costo de mantenimiento por facturación.....	43
	1.7.4.4.2.	Costos de mantenimiento por el valor de reposición	44
1.7.5.		Gestión de equipos.....	44
	1.7.5.1.	Tiempo medio entre mantenimientos preventivos	45
	1.7.5.2.	Tiempo medio para intervenciones preventivas	45

	1.7.5.3.	Tasa de falla observada	45
	1.7.5.4.	Componente del costo de mantenimiento	46
1.8.		Cimentación y montaje	48
	1.8.1.	Cimentación	48
	1.8.1.1.	Consideraciones para la cimentación...	48
		1.8.1.1.1. Capacidad de carga	48
		1.8.1.1.2. Cargas permisibles	49
		1.8.1.1.3. Accesorios.....	49
		1.8.1.1.4. Asentamientos	49
		1.8.1.1.5. Asiento vertical.....	49
		1.8.1.1.6. Economía.....	50
		1.8.1.1.7. Factores que afectan al cimiento	50
	1.8.2.	Esfuerzos que sufre la cimentación.....	50
		1.8.2.1. Estáticos.....	50
		1.8.2.2. Dinámicos.....	51
		1.8.2.3. Vibratorios	51
	1.8.3.	Anclajes.....	51
		1.8.3.1. Funcionamiento.....	52
		1.8.3.2. Anclajes mecánicos.....	52
		1.8.3.3. Factores a considerar.....	53
		1.8.3.4. Tipos de falla	53
		1.8.3.5. Factor de seguridad	54
2.		FASE DE INVESTIGACIÓN.....	55
	2.1.	Espacio físico disponible en planta	55
	2.2.	Equipos que conformarán la línea de producción de helado....	56

2.2.1.	Datos técnicos de equipos de nueva línea de producción	58
2.2.1.1.	Tanque de almacenamiento de acero inoxidable.....	59
2.2.1.2.	Mezcladora/dosificadora de sólidos.....	60
2.2.1.3.	Pasteurizador.....	61
2.2.1.4.	Chiller (enfriador)	62
2.2.1.5.	Homogenizadora	63
2.2.1.6.	Banda transportadora	64
2.2.1.7.	Llenadora/etiquetadora automática	65
2.3.	Equipo para monitoreo de nueva línea de producción.	66
2.3.1.	Termómetro infrarrojo digital.....	67
2.3.2.	Cámara termográfica	68
2.3.3.	Cámara de inspección	69
2.3.4.	Amperímetro digital.....	71
2.4.	Consumo de energía eléctrica de equipos en nueva línea de producción	73
2.5.	Estudio de ahorro energético en la nueva línea de producción.....	75
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	79
3.1.	Plan de ruta de monitoreo de línea de producción de helado.....	79
3.2.	Línea de producción de helado	81
3.2.1.	Diagrama de recorrido de proceso de helado.....	82
3.2.2.	Descripción del recorrido de proceso de helado.....	83
3.3.	Identificación de equipos críticos.....	84
3.4.	Propuesta de reacondicionamiento y montaje.....	88
3.4.1.	Reacondicionamiento	88

3.4.2. Montaje.....	91
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA.....	107
APÉNDICE	109
ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa <i>Glad</i> , S. A	4
2.	Plano de planta de producción	55
3.	Tanque de almacenamiento de acero inoxidable	59
4.	Mezcladora/dosificadora en V	60
5.	Sistema de pasteurizador.....	61
6.	Chiller o enfriador	62
7.	Homogenizadora	63
8.	Banda transportadora.....	64
9.	Llenadora/etiquetadora automática	65
10.	Termómetro infrarrojo digital	68
11.	Cámara termográfica.....	69
12.	Boroscopio con cámara orientable	71
13.	Amperímetro digital	72
14.	Formato de registro, bitácora de monitoreo	81
15.	Diagrama de recorrido de proceso de helado	82
16.	Propuesta de reacondicionamiento	88
17.	Espacios de reacondicionamiento.....	90
18.	Tornillo de anclaje	92
19.	Características del tornillo de anclaje de expansión	93
20.	Elementos mecánicos del tornillo de anclaje de expansión	94
21.	Fijación en anclaje de bases de equipos.....	95
22.	Inserción del tornillo de anclaje de expansión.....	96
23.	Colocación del tornillo con copa.....	97

24.	Expansión óptima del tornillo de anclaje.....	98
25.	Base tipo rectangular de los puntos de anclaje de equipos	99
26.	Base tipo circular de los puntos de anclaje de equipos	99
27.	Medidas de placa de anclaje tipo rectangular	100
28.	Medidas de placa de anclaje tipo circular	100

TABLAS

I.	Consumo de energía eléctrica por equipo	74
II.	Actividades según equipos	79
III.	Descripción de recorrido de proceso de helado.....	83
IV.	Matriz de criticidad	86
V.	Puntaje de criterios para criticidad	86
VI.	Criticidad	87

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Aluminio
ASTM 406	American Society of Testing Materials
BPH	Buenas prácticas de higiene
BPM	Buenas prácticas de manufactura
Ca	Calcio
CA	Corriente alterna
CBC	Central America Bottling Corporation
CC	Corriente continua
Cl	Cloro
Cr	Cromo
CST	Centistoke, unidad de medida en el Sistema Cegesimal para la viscosidad cinemática
Cu	Cobre
DC	Corriente directa
DCS	Sistemas de control distribuido
Fe	Hierro
HACCP	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
hp	<i>Horse power</i> (caballo de fuerza)
in	<i>inch</i> (pulgadas)
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
K	Potasio
kg	Kilogramo
Kw/h	Kilowatt por hora

L	Litro
Mg	Magnesio
Mo	Molibdeno
Na	Sodio
P	Fósforo
Pb	Plomo
PC's	Computadoras personales
PLC	Controladores lógicos programables
RTCA	Reglamento Técnico Centroamericano
Si	Silicio
Sn	Selenio
TPM	Mantenimiento productivo total
UNE 21320-2883	Norma de fluidos para aplicaciones electrotécnicas
Zn	Zinc
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
Ø	Diámetro

GLOSARIO

Acido pantoténico	Vitamina B5. Se encuentra ampliamente distribuida tanto en el reino vegetal como animal y abunda en la carne, verduras, granos de cereales, legumbres, huevos y leche.
Antibióticos	Son medicamentos potentes que combaten las infecciones bacterianas.
Artesanal	Que está hecho a mano y siguiendo las técnicas tradicionales.
Caseína	Proteína de la leche de los mamíferos que contiene gran cantidad de fosfato y que se emplea en la industria del papel, pieles, pintura, medicina y alimentación.
Codex STAN 243-2003	Codex para leches fermentadas, esta norma es una adaptación del capítulo correspondiente al yogurt.
Combustible	Material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.
Cromático	Elemento que se le aplica material de cromo para prevenir la corrosión.

Eficiencia	Relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo.
Emplazamiento	Acción de colocar en un lugar determinado.
Funguicidas	Sustancias tóxicas o no tóxicas, que se emplean para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, o los animales.
Glúcidos	Biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el brindar energía inmediata y estructural.
Herbicidas	Producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas.
Inocuidad	Control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano.
ISO 22000	Estándar desarrollado por la Organización Internacional de Normalización sobre la seguridad alimentaria durante el transcurso de toda la cadena de suministro.
ISO 90001	Norma de sistemas de gestión de la calidad reconocida internacionalmente.

Lactobacilos	Sustancia compuesta de azúcares que se encuentran en la leche y que también elabora el cuerpo.
Lactobacillus Bulgaricus	Conglomerados de bacterias lácticas y levaduras de asociación simbiótica estable en bebidas.
Lípidos	Compuestos biológicos que se clasifican conjuntamente por su estructura, generalmente apolar (carbono, hidrógeno y oxígeno), que hace que sean poco solubles en agua.
Mecanismo	Conjunto de piezas o elementos que ajustados entre sí y empleando energía mecánica hacen un trabajo o cumplen una función.
Monitoreos	Conjunto de actividades para controlar o supervisar una situación o elemento.
Montaje	Apoyo técnico para el correcto aseguramiento del equipo y su funcionamiento, así como el anclaje en el suelo.
Productividad	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
Reacondicionamiento	Optimización de equipos por medio de aplicación de ingeniería detallada.

Riboflavina	Vitamina B2, importante para el crecimiento del cuerpo y la producción de glóbulos rojos.
Streptococcus Thermophilus	Bacteria grampositiva anaerobia facultativa.
Toppings	Recubrimientos que se le colocan al helado.

RESUMEN

El reacondicionamiento y montaje en la industria es muy frecuente, ya que se presentan necesidades que pueden ser físicas, operativas y productivas, que deben ser satisfechas. Por lo que se conocerá acerca de estos temas que día a día se presentan en especial en la rama de ingeniería, en la industria alimenticia.

El presente informe final de EPS está enfocado en el tema de reacondicionamiento y montaje, debido a la problemática que se presenta en la planta de producción de la industria alimenticia de la empresa Lácteos Balcánicos Glad, S.A., ya que la corporación a la que pertenece dicha empresa ha adquirido una nueva marca, por lo que carecen de un plan para el debido proceso de reacondicionamiento de la nueva línea de producción de helado.

Esta nueva línea de producción se analizará debidamente para determinar los procedimientos adecuados que requiere para el reacondicionamiento.

La implementación apropiada de la propuesta de reacondicionamiento será determinante para obtener los resultados esperados, además de esto, se desea empoderar a todo el personal y dar a conocer la propuesta, para que así todos los colaboradores y personal operativo tengan la cultura de regirse a procedimientos estandarizados y así incrementar su productividad, calidad y eficiencia laboral en la industria alimenticia, Lácteos Balcánicos, *Glad S.A.*

OBJETIVOS

General

Diseñar el plan de reacondicionamiento y montaje de nueva línea de helado a base de lácteos, para optimizar sus procesos y brindar una alta eficiencia en dicha línea.

Específicos

1. Determinar los procesos y equipos críticos de esta nueva línea de producción de helado, para su instalación óptima.
2. Identificar las actividades que requieren mayor conocimiento por parte del personal operativo de la línea de producción de helado a base de lácteos.
3. Evaluar los procesos operativos para determinar mejoras mediante el buen reacondicionamiento y montaje.
4. Identificar los métodos a utilizar para el diseño y plan de reacondicionamiento y montaje de la nueva línea de producción de helado a base de lácteos.
5. Establecer indicadores mediante los monitoreos respectivos de los equipos de la nueva línea de producción de helado.

6. Determinar el plan de capacitación para el personal involucrado o colaboradores en la nueva línea de producción de helado a base de lácteos, para incrementar la eficiencia laboral.

INTRODUCCIÓN

En el presente informe final de EPS el lector puede enterarse sobre los resultados obtenidos acerca del plan propuesto, en la presente problemática que se tiene en la industria alimenticia, en la empresa Lácteos Balcánicos *Glad*, S.A., para el reacondicionamiento y montaje adecuado en la nueva línea de producción de helado en la planta de producción de dicha empresa, que se encuentra ubicada en la ciudad de Guatemala.

Conocer la propuesta no es suficiente, por lo cual, en la presente investigación también se tratarán los temas de interés que permitirán tener un panorama más amplio sobre la necesidad de un plan de reacondicionamiento para la nueva línea de producción de helado en la empresa Lácteos Balcánicos *Glad*, S.A.

Se debe tener en cuenta que existe una demanda de producción en la industria alimenticia, por lo que se generan necesidades productivas, tecnológicas, ambientales, de mecanismos, entre otros, que se deben de satisfacer de manera que se obtengan resultados significativos en cuanto a productividad, disponibilidad y eficiencia.

Considerando lo anteriormente descrito, se puede inculcar realizar métodos normados y procedimientos estandarizados que ayudarán a la implementación de buenas prácticas de manufactura, incrementando la eficiencia y productividad para esta línea de producción en dicha industria alimenticia.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa *Glad*, S.A.

A continuación se presenta una descripción de las características de la empresa. Se presenta una breve reseña, así como una pequeña presentación cronológica de la evolución de la empresa. Posteriormente se mencionan los productos que caracterizan a la empresa y que la misma ofrece. Además se menciona la ubicación, así como la misión y visión de la empresa. Se presenta la política de calidad con la cual se rige la empresa, además de la norma con la cual se manejan sus prácticas de manufactura para crear una seguridad alimentaria.

1.1.1. Información general e historia

La empresa nace en 1983, su principal producto es el yogurt. La fundadora siendo de origen búlgaro y conociendo ampliamente los beneficios de consumir frecuentemente el yogurt hecho en casa, tuvo la inquietud de continuar con la tradición y fomentar la buena salud de sus hijos y familiares cercanos. Pronto se percató que este tipo de yogurt era muy diferente a los que encontraban en el mercado por su consistencia cremosa y su proceso artesanal.

El producto que provee la empresa es el auténtico yogurt búlgaro, elaborado artesanalmente con altos estándares de calidad y con los más finos y mejores ingredientes frescos y naturales, para así garantizar un óptimo producto, adicionando, con sus cultivos importados de Bulgaria que lo hacen

único y especial. La calidad de los productos de la empresa está garantizada con la alianza estratégica de LB Bulgaricum, líder mundial en el desarrollo de cultivos lácteos.

En 2013 la empresa se incorpora a la familia de productos de *LIVSMART*, que es una compañía de *health and wellness* para todas las Américas. Una empresa dedicada a mejorar la calidad de vida de sus consumidores haciéndoles llegar a alternativas de alimentación sanas y balanceadas. *Livsmart* pertenece al consorcio cbc, una corporación de bebidas con más de 125 años de experiencia y operaciones en Centro América, el Caribe, y Sudamérica con el portafolio de productos más grandes de la región.

1.1.2. Ubicación

29 calle 14-60 Zona 13 Col. La Libertad, Ciudad de Guatemala.

1.1.3. Misión

Promover con dedicación la cultura láctea, generando bienestar por medio del consumo de productos innovadores de alto valor agregado, utilizando en todos nuestros procesos ingredientes naturales de óptima calidad que permitan disfrutar de estilo de vida saludable.

1.1.4. Visión

Ser la empresa líder en optimización de procesos y desarrollo de auténticos productos lácteos que proporcionen una mejor calidad de vida a nuestros consumidores.

1.1.5. Política de calidad

En nuestra empresa estamos comprometidos a brindar a los clientes y consumidores productos lácteos, que no solo cumplan con sus expectativas, sino que estén por encima de las mismas. Ofreciendo productos con altos estándares de calidad, seguridad e inocuidad alimentaria con políticas claras de mejora continua, lo cual se logrará por medio de capacitaciones a todo el personal, mantenimiento de instalaciones físicas adecuadas y atendiendo las necesidades del cliente.

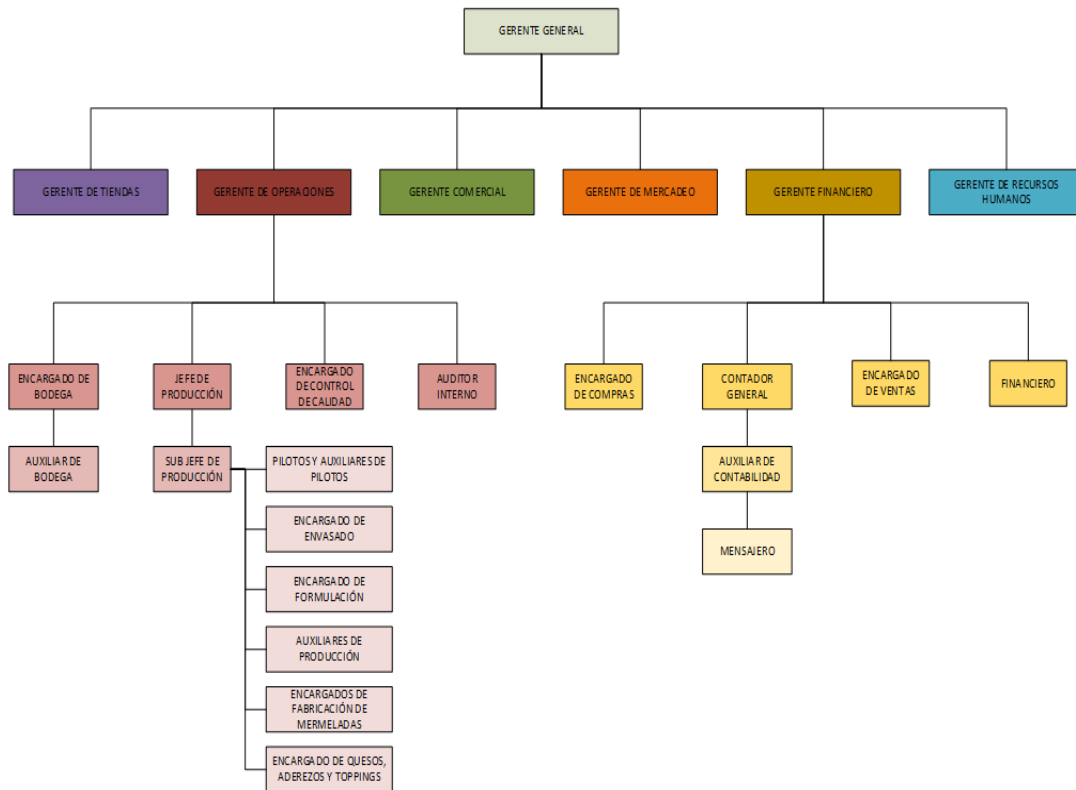
1.1.6. Política de seguridad alimentaria

La empresa de lácteos garantiza a sus clientes que todos los productos que fabrica cumplen con los requisitos legales aplicables y con los máximos niveles de calidad para la producción de alimentos seguros y nutritivos que satisfagan sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias, velando en todo momento por la inocuidad de los insumos, equipos y procesos involucrados en la cadena productiva y de distribución.

1.1.7. Organigrama

A continuación se presenta el organigrama de la empresa, para comprender sobre la cultura organizacional que presenta la misma por medio de la representación gráfica de su estructura.

Figura 1. Organigrama de la empresa *Glad, S. A*



Fuente: Glad S.A.

1.2. Productos de la empresa

En este inciso, se presentan los productos que son elaborados por la empresa, los cuales son ofrecidos al mercado para satisfacer determinadas necesidades del consumidor y presentarle otras opciones para su consumo diario.

1.2.1. Yogurt líquido

El yogurt es una leche fermentada, coagulada y acidificada por la acción de dos bacterias (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*), que se obtiene a partir de la leche, ya sea entera, desnatada o concentrada, pero siempre pasteurizada.

Los microorganismos que producen la fermentación deben estar presentes, vivos y activos en el producto terminado.

1.2.2. Helado de yogurt

Es un helado hecho a base del delicioso yogurt natural. Estos helados se pueden encontrar en tres tamaños, dos sabores (natural y fresa), dos sabores de temporada (mango o mora), y una variedad de 30 *toppings* diferentes. Estos *toppings* incluyen una variación de jaleas, frutas, dulces, y cereales para que puedas crear un helado a tu manera para que sea tu favorito.

1.3. Conceptos básicos

A continuación se presentan conceptos básicos sobre la industria de alimentos, en especial sobre los elementos que conforman los productos que se elaboran en la empresa.

1.3.1. Leche

La leche, por su composición en nutrientes, es considerada como uno de los alimentos más completos que existen. Los mamíferos, al nacer, se alimentan exclusivamente de la leche de su especie, ya que durante esta época

la leche cubre completamente las necesidades nutricionales del recién nacido. Se trata del alimento más completo. Es destacable su alto contenido en calcio.

1.3.1.1. Composición de la leche

La leche proporciona nutrientes esenciales y es una fuente importante de energía alimentaria, proteínas de alta calidad y grasas. La leche puede contribuir considerablemente a la ingestión necesaria de nutrientes como el calcio, magnesio, selenio, riboflavina, vitamina B12 y ácido pantoténico.

Algunos componentes orgánicos de la leche son los glúcidos, lípidos, proteínas, vitaminas, y los componentes minerales: Ca, Na, K, Mg, Cl. La leche contiene diferentes grupos de nutrientes. Las sustancias orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas) están presentes en cantidades más o menos iguales y constituyen la principal fuente de energía.

1.3.1.2. Tipos y características

La leche y los productos lácteos son alimentos ricos en nutrientes y su consumo puede hacer más diversa las dietas basadas principalmente en el consumo de vegetales. La leche de origen animal puede desempeñar un papel importante en las dietas de los niños en poblaciones con bajo nivel de ingestión de grasas y acceso limitado a otros alimentos de origen animal.

La especie del animal lechero, su raza, edad y dieta, junto con el estado de lactancia, el número de pariciones, el sistema agrícola, el entorno físico y la estación del año, influyen en el color, sabor y composición de la leche y permiten la producción de una variedad de productos lácteos:

- Leche de vaca: las grasas constituyen alrededor del 3 % al 4 % del contenido sólido de la leche de vaca, las proteínas aproximadamente el 3,5 % y la lactosa el 5 %, pero la composición química bruta de la leche de vaca varía según la raza. Por ejemplo, el contenido de grasa suele ser mayor en el ganado *Bos indicus* que en el *B. taurus*. El contenido de materias grasas de la leche del ganado *B. indicus* puede ser de hasta el 5,5 %.
- Leche de búfala: tiene un contenido muy alto de materias grasas que, por término medio, es el doble que el de la leche de vaca. La relación grasa/proteína de la leche de búfala es de 2:1 aproximadamente. En comparación con la leche de vacuno, la leche de búfala también tiene una mayor relación caseína/proteína. El alto contenido de calcio de la caseína facilita la fabricación de quesos.
- Leche de camella: tiene una composición similar a la leche de vaca, pero es ligeramente más salada. La leche de camella puede ser tres veces más rica en vitamina C que la leche de vaca y representa una fuente vital de esta vitamina para las personas que viven en las zonas áridas y semiáridas, que a menudo no pueden obtener la vitamina C de las frutas y hortalizas. Además, la leche de camella es rica en ácidos grasos no saturados y vitaminas del complejo B. La leche de los camellos bactrianos tiene un porcentaje mayor de materia grasa que la de los dromedarios, pero en ambas los niveles de proteínas y lactosa son semejantes. Por lo general, la leche de camella se consume cruda o fermentada.
- Leche de oveja: tiene un contenido de materias grasas y proteínas mayor que el de la leche de cabra y de vaca; solo la leche de búfala y yak

contiene más materia grasa. Además, la leche de oveja tiene generalmente un contenido de lactosa mayor que el de las leches de vaca, búfala y cabra. El elevado contenido de proteínas y el contenido sólido general de la leche de oveja hace que sea particularmente adecuada para la producción de quesos y yogur.

- Leche de cabra: tiene una composición similar a la leche de vaca. En los países del Mediterráneo y en América Latina, la leche de cabra generalmente se transforma en quesos; en África y Asia meridional, se consume generalmente cruda o acidificada.
- Leche de yak: tiene un sabor dulce y un olor aromático. Tiene entre el 15 % y el 18 % de contenido sólido, del 5,5 % al 9 % de materias grasas y del 4 % al 5,9 % de proteínas. Por tanto, tiene un contenido sólido, de grasas y de proteínas mayores que el de las leches de vaca y cabra, y se parece a la leche de búfala. Los pastores y sus familias utilizan la leche cruda principalmente para preparar té con leche. La leche de yak puede transformarse en una variedad de productos lácteos, como mantequilla, quesos y productos lácteos fermentados.
- Leche de equino: las leches de yegua y burra tienen una composición muy similar. La leche de equino, al igual que la leche humana, tiene un nivel relativamente bajo de proteínas (particularmente de caseínas) y cenizas y es rica en lactosa. En comparación con las de otras especies lecheras, la leche de equino contiene bajo nivel de grasa y proteínas. La mayoría de la leche de equino se consume fermentada y no es adecuada para la fabricación de queso.

1.3.1.3. Calidad y evaluación

La leche cruda de buena calidad no debe contener residuos ni sedimentos; no debe ser insípida ni tener color y olor anormales; debe tener un contenido de bacterias bajo; no debe contener sustancias químicas (por ejemplo, antibióticos y detergentes), y debe tener una composición y acidez normales. La calidad de la leche cruda es el principal factor determinante de la calidad de los productos lácteos. No es posible obtener productos lácteos de buena calidad sino de leche cruda de buena calidad.

La calidad higiénica de la leche tiene una importancia fundamental para la producción de una leche y productos lácteos que sean inocuos e idóneos para los usos previstos. Para lograr esta calidad, se han de aplicar buenas prácticas de higiene a lo largo de toda la cadena láctea.

Las pruebas y el control de calidad de la leche deben realizarse en todas las fases de la cadena láctea. La leche puede someterse a pruebas de:

- Cantidad: medida en volumen o peso
- Características organolépticas: aspecto, sabor y olor
- Características de composición: especialmente contenido de materia grasa, de materia sólida y de proteínas
- Características físicas y químicas
- Características higiénicas: condiciones higiénicas, limpieza y calidad
- Adulteración: con agua, conservantes, sólidos añadidos, entre otros
- Residuos de medicamentos

Como ejemplos de métodos de pruebas para evaluar la leche para los productores y procesadores de leche de pequeña escala de los países en

desarrollo se tiene la prueba del sabor, olor y observación visual; las pruebas con densímetro o lactómetro para medir la densidad específica de la leche; la prueba del cuajo por ebullición para determinar si la leche es agria o anormal; entre otras.

1.3.2. Peligros para la salud

Al igual que los demás tipos de alimentos, la leche y los productos lácteos pueden provocar enfermedades. Factores como la contaminación y el crecimiento de patógenos, los aditivos químicos, la contaminación ambiental y la descomposición de los nutrientes pueden afectar la calidad de la leche.

Los peligros microbiológicos son un importante problema de inocuidad de los alimentos en el sector lechero porque la leche es un medio ideal para el crecimiento de bacterias y otros microbios. Estos se pueden introducir en la leche a partir del medio ambiente o de los mismos animales lecheros. La leche puede contener microorganismos nocivos como salmonella, escherichia coli, listeria monocytogenes, staphylococcus aureus, yersinia enterocolitica, bacillus cereus, clostridium botulinum, mycobacterium bovis, brucella abortus y brucella melitensis.

Los peligros químicos se pueden introducir accidentalmente en la leche y los productos lácteos y transformarlos en peligrosos e inadecuados para el consumo. La leche puede contaminarse cuando los animales lecheros consumen piensos o agua que contienen sustancias químicas. Otras causas de contaminación pueden ser el control inadecuado del equipo, el entorno y las instalaciones de almacenamiento de la leche. Entre los peligros químicos cabe mencionar productos como detergentes, desinfectantes de pezones,

desinfectantes lácteos, antiparasitarios, antibióticos, herbicidas, plaguicidas y funguicidas.

1.3.3. Código alimentario

El código alimentario es un compendio de normas alimentarias, directrices y códigos de prácticas con el objetivo de proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos.

La Norma del Codex para leches fermentadas es el CODEX STAN 243-2003, el cual se aplica a toda la variedad de leches fermentadas, incluyendo las tratadas térmicamente, concentradas y los productos lácteos compuestos basados en estos productos, para consumo directo o procesamiento ulterior.

1.3.4. Productos derivados de la leche

Los procesadores de leche producen una amplia variedad de productos lácteos:

- Leche líquida: es el producto lácteo más consumido, elaborado y comercializado. La leche líquida abarca productos como la leche pasteurizada, la leche desnatada, la leche normalizada, la leche reconstituida, la leche de larga conservación y la leche enriquecida.
- Leche fermentada: se utiliza frecuentemente para fabricar otros productos lácteos. Se obtiene de la fermentación de la leche utilizando microorganismos adecuados para llegar a un nivel deseado de acidez.

- Los quesos: se obtienen mediante la coagulación de la proteína de la leche (caseína), que se separa del suero. Se producen centenares de variedades de queso, muchos de los cuales son característicos de una región específica del mundo. Sin embargo, la mayoría de los quesos se producen en los países desarrollados. Los quesos pueden ser duros, semiduros, blandos madurados o no madurados. Las distintas características de los quesos derivan de las diferencias en la composición de la leche y los tipos de esta, los procedimientos de elaboración aplicados y los microorganismos utilizados.
- La mantequilla y el ghee: son productos grasos derivados de la leche. La mantequilla se obtiene del batido de la leche o nata; en muchos países en desarrollo, la mantequilla tradicional se obtiene batiendo la leche entera agria. El ghee (mantequilla clarificada) se obtiene eliminando el agua de la mantequilla y tiene un tiempo de conservación muy largo de hasta dos años.
- Leche condensada: se obtiene de la eliminación parcial del agua de la leche entera o desnatada. La elaboración prevé el tratamiento térmico y la concentración. La leche condensada puede ser edulcorada o no edulcorada, pero la mayor parte es edulcorada.
- Leche evaporada: se obtiene de la eliminación parcial del agua de la leche entera o desnatada. La elaboración prevé el tratamiento térmico para garantizar la estabilidad e inocuidad bacteriológica de la leche.
- Leche en polvo: se obtiene de la deshidratación de la leche y generalmente se presenta en forma de polvo o gránulos.

- Nata: es la parte de la leche que es comparativamente rica en grasas; se obtiene descremando o centrifugando la leche. Entra las natas figuran la re combinada, reconstituida, preparadas, líquida preenvasada, para montar o batir, envasada a presión, montada o batida, fermentada y acidificada.
- Suero: es la parte líquida de la leche que queda después de separar la leche cuajada en la fabricación del queso. Sus principales aplicaciones para el consumo humano son la preparación de queso de suero, bebidas a base de suero y bebidas de suero fermentado. Las principales aplicaciones industriales son la fabricación de lactosa, pasta de suero y suero en polvo. El suero puede ser dulce (de la producción de quesos por coagulación de la cuajada) o ácido (de la producción de quesos por coagulación ácida).
- Caseína: es la principal proteína de la leche y se utiliza como ingrediente en varios productos, entre estos quesos, productos de pastelería, pinturas y colas. Se obtiene de la leche desnatada mediante precipitación con el cuajo o mediante bacterias ino cuas productoras de ácido láctico.

1.4. Producción

Todo proceso a través del cual un objeto, ya sea natural o con algún grado de elaboración, se transforma en un producto útil para el consumo o para iniciar otro proceso productivo. La producción se realiza por la actividad humana de trabajo y con la ayuda de determinados instrumentos que tienen una mayor o menor perfección desde el punto de vista técnico.

1.4.1. Capacidad de producción

La capacidad productiva hace referencia al máximo nivel de producción que puede soportar una unidad productiva concreta, en circunstancias normales de funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado.

Se expresa en unidades relacionadas con periodos de tiempo: horas máquina diarias, horas hombre por semana, volumen anual, entre otras.

1.4.2. Productividad

Es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, costes, entre otros) durante un periodo determinado. Por ejemplo, cuanto produce al mes un trabajador o cuánto produce una maquinaria.

1.5. Energía eléctrica

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

1.5.1. Corriente eléctrica

La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material.

Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del mismo. Al caudal de corriente (cantidad de carga por unidad de tiempo) se lo denomina intensidad de corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio (A). Una corriente eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético, un fenómeno que puede aprovecharse en el electroimán.

1.5.1.1. Corriente continua o directa

Se denomina corriente continua o corriente directa (CC en español, en inglés DC, de *direct current*) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería). Es continua toda corriente cuyo sentido de circulación es siempre el mismo, independientemente de su valor absoluto.

1.5.1.2. Corriente alterna

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de *alternating current*) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal. En el uso coloquial, corriente alterna se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas.

El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla, y la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse. Otros que contribuyeron al desarrollo y mejora de este sistema fueron Lucien Gaulard, John Gibbs y Oliver B. Shallenberger entre 1881 y 1889. La corriente alterna superó las limitaciones que aparecían al emplear la corriente continua (CC), la cual constituye un sistema ineficiente para la distribución de energía a gran escala debido a problemas en la transmisión de potencia.

La razón del amplio uso de la corriente alterna, que minimiza los problemas de transmisión de potencia, viene determinada por su facilidad de transformación, cualidad de la que carece la corriente continua. La energía eléctrica transmitida viene dada por el producto de la tensión, la intensidad y el tiempo. Dado que la sección de los conductores de las líneas de transporte de energía eléctrica depende de la intensidad, se puede, mediante un transformador, modificar el voltaje hasta altos valores (alta tensión), disminuyendo en igual proporción la intensidad de corriente. Esto permite que los conductores sean de menor sección y, por tanto, de menor costo; además, minimiza las pérdidas por efecto Joule, que dependen del cuadrado de la intensidad. Una vez en el punto de consumo o en sus cercanías, el voltaje puede ser de nuevo reducido para permitir su uso industrial o doméstico de forma cómoda y segura.

1.6. Automatización industrial

La automatización industrial es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los

transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Las tecnologías que han hecho posible el desarrollo de la industria moderna en el campo de la automatización industrial han sido:

- La electricidad y la electrónica industrial.
- La neumática industrial
- La oleohidráulica
- Los PLCs (controladores lógicos programables)
- El avance de las comunicaciones
- La robótica industrial

Existe un concepto fundamental y muy actual en torno a la automatización industrial y es el de DCS (sistemas de control distribuido). Un sistema de control distribuido está formado por varios niveles de automatización que van desde un mínimo de 3 hasta 5. Los mismos se denominan: nivel de campo (donde se encuentran los sensores y actuadores), nivel de control (donde se encuentran los PLCs o las estaciones de automatización), nivel de supervisión (donde se encuentran las estaciones de operación y los servidores de proceso), nivel MES (donde se encuentran PCs con softwares especializados para la distribución de toda la información de planta, así como la generación de reportes) y el nivel ERP (donde se encuentran igualmente PCs con softwares especializados para la planificación y administración de la producción de toda la industria o empresa).

Se utilizan computadoras especializadas y tarjetas de entradas y salidas tanto analógicas como digitales para leer entradas de campo a través de

sensores y para generar, a través de su programa, salidas hacia el campo a través de actuadores. Esto conduce para controlar acciones precisas que permitan un control estrecho de cualquier proceso industrial.

1.7. Mantenimiento industrial

Se considera que el mantenimiento es la serie de trabajos que se deben ejecutar en algún activo fijo o equipo, planta o método a fin de conservarlo y que este mismo pueda brindar el servicio para lo que fue diseñado.

El objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, entre otros.

Para el administrador, el objetivo del mantenimiento es la conservación, principalmente, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, entre otros. Por tal motivo se deben equilibrar, en las labores del mantenimiento, los factores esenciales siguientes:

- Calidad económica del servicio.
- Duración adecuada del equipo.
- Costos mínimos de mantenimiento.

Desde el punto de vista de costo, estos tres factores dan a conocer que existe un costo total de servicio, el cual resulta de:

- Costo inicial del equipo considerando su depreciación,
- Costo de mantenimiento considerando su incremento, y
- Costo de falta de servicio.

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compensa por ser los costos de mantenimiento bajos, pues la expectativa de falla es menor.

Conforme se envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumenta la frecuencia de falla y, como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores.

Un aumento de la frecuencia de falta de servicio por fallas causa pérdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto que hace prohibitivo el uso del equipo.

1.7.1. Objetivo del mantenimiento

Asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto de la función deseada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global.

1.7.2. Tipos de mantenimiento

Se han distinguido varios tipos de mantenimiento que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen.

En la industria se ha destacado principalmente tres clases de mantenimiento, de una forma general podemos destacar los siguientes tipos: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento proactivo y mantenimiento productivo total o TPM.

1.7.2.1. Mantenimiento preventivo

Se define como la conservación planeada, teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de máquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción, las acciones que trataran de eliminar las fallas que originan las interrupciones.

Un programa de mantenimiento preventivo, en la acción de mantener en buen estado el equipo, se realiza a través de:

- Visitas
 - Revisiones
 - Lubricación periódica
 - Limpieza
-
- Visitas

Son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente en las instalaciones y máquinas para comprobar su estado. Para ser considerada como tales, las visitas deben:

- Verificar las inspecciones en el lugar de trabajo.
- Ser rápidas.
- No desarmar elementos de máquinas complejos.
- Realizar pequeñas reparaciones.
- Utilizar en lo posible métodos no destructivos.

- Revisiones

Son intervenciones que se realizan en las máquinas para detectar o confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa. Para ser consideradas como tales, deben:

- Desmontar partes de las máquinas o instalaciones cuando, por consecuencia de la visita previa, se detecta la posibilidad de existencia de anomalías.
- Reparar las anomalías encontradas.
- Sustituir piezas sujetas a desgaste rápido.

- Lubricación periódica

Es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de fallas son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuanto la localización de puntos que necesitan lubricante, periodicidad de aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los mismos, entre otros. Con estos datos y de acuerdo a las condiciones de trabajo, se procede a la normalización de los lubricantes.

El disponer en una instalación industrial de todos los aceites y grasas recomendados por los fabricantes de los equipos, llevaría a tener una existencia muy grande y variada, con el consiguiente encarecimiento de operaciones y

dificultad de adquisición. Para proceder a la normalización se tabularán las propiedades de los lubricantes requeridos como:

- Características (densidad, viscosidad, índice de goteo, entre otros.)
- Denominación comercial.
- Indicaciones de utilización.
- Contraindicaciones.

Con estos datos se efectúa una comparación con los lubricantes existentes para elegir los más idóneos. El número aconsejable de aceites a tener en una instalación industrial es de 8 a 10 y de 2 a 4 grasas. (Ver anexos)

Al tener normalizados y clasificados los lubricantes se procede a elaborar las fichas de lubricación, las cuales deben constar de: a) croquis de la máquina, con las vistas suficientes para identificar los puntos de aplicación, niveles, entre otros; b) información de la frecuencia de aplicación en cada punto, tipo de lubricante a emplear, limpieza de depósitos y renovación, entre otros.

El personal que ejecuta las tareas de lubricación será instruido concretamente en el conocimiento de técnicas de aplicación, tipos de lubricantes, herramienta y accesorios relacionados con esta actividad (aceiteras, graseras, bombas manuales, extensiones, entre otros).

Las operaciones de lubricación se deben cumplir de acuerdo a la planificación previa, no permitiendo aplazamientos de ninguna clase.

- Limpieza

Son las acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento cromático y prevención contra la corrosión. Se excluyen de esta actividad la limpieza de depósitos de lubricantes, por estar considerados dentro de las atribuciones de la lubricación.

Las actividades de limpieza se agrupan en:

- Limpieza de máquinas: la limpieza externa o superficial la efectuará el operario de la máquina al final de la jornada, pero superficies de deslizamiento y lugares de difícil acceso o en los que sea preciso desmontar componentes serán efectuadas por el personal de mantenimiento.
- Limpieza de instalaciones: fundamental para efectos de seguridad y rendimiento, especialmente en los recintos de materiales contaminantes (productos químicos, combustibles, lubricantes, pinturas, entre otros).
- Conservación de edificios: agrupa todas aquellas actividades relacionadas con la conservación de los edificios como el cambio de vidrios rotos, bombillas y tubos en las lámparas, pintura en paredes, entre otros. Por su naturaleza, estas actividades son aleatorias, es decir, no pueden efectuarse sistemáticamente sino como resultado de las visitas.
- Señalización y acondicionamiento cromático: en este grupo de actividades se incluyen la delimitación de zonas de tránsito y

depósito, para el efecto se pintan en el suelo las señales correspondientes (pinturas anticorrosivas, soluciones asfálticas, barnices, entre otros.).

1.7.2.1.1. Tipos de mantenimiento preventivo

- **Mantenimiento periódico:** este mantenimiento se efectúa luego de un intervalo de tiempo que ronda los 6 y 12 meses. Consiste en efectuar grandes paradas en las que se realizan reparaciones totales. Esto implica una coordinación con el departamento de planeación de la producción, el cual deberá abastecerse de forma suficiente para suplir el mercado durante los tiempos de parada. Asimismo, deberá existir un aparte detallado de repuestos que se requerirán, con el objetivo de evitar sobrecostos derivados de las compras urgentes o desabastecimiento de los mismos.
- **Mantenimiento programado:** este mantenimiento consiste en operaciones programadas con determinada frecuencia para efectuar cambios en los equipos o máquinas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes o a los estándares establecidos por ingeniería. Una de sus desventajas radica en que se puedan cambiar partes que se encuentren en buen estado, incurriendo en sobrecostos. Sin embargo, muchas de las compañías con mejores resultados en términos de confiabilidad son fieles al mantenimiento programado, despreciando el estado de las partes.
- **Mantenimiento de mejora:** es el mantenimiento que se hace con el propósito de implementar mejoras en los procesos. Este mantenimiento

no tiene una frecuencia establecida, es producto de un trabajo de rediseño que busca optimizar el proceso.

- **Mantenimiento autónomo:** es el mantenimiento que puede ser llevado a cabo por el operador del proceso, este consiste en actividades sencillas que no son especializadas.
- **Mantenimiento rutinario:** es un mantenimiento basado en rutinas, usualmente sugeridas por los manuales, por la experiencia de los operadores y del personal de mantenimiento. Además, es un mantenimiento que tiene en cuenta el contexto operacional del equipo.

1.7.2.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel encaminado a reparar una falla que se presente en un momento determinado. Es el modelo más primitivo de mantenimiento, o su versión más básica, en él, es el equipo quien determina las paradas. Su principal objetivo es el de poner en marcha el equipo lo más pronto posible y con el mínimo costo que permita la situación.

El mantenimiento correctivo tiene dos funciones perfectamente definidas:

- Corregir aquellas fallas sistemáticas que presenta en máquinas o instalaciones, llegando incluso al cambio de material o de diseño con el objeto de suprimirlas o, por lo menos, de alejar lo máximo posible su aparición en el tiempo.
- Reacondicionamiento de máquinas o instalaciones que por su uso ya se encuentra en condiciones que hacen difícil su operación.

Ante estas funciones de mantenimiento, en algunas empresas suelen asignar funciones auxiliares o complementarias que son extremadamente variadas de una empresa a otra.

Lo mismo puede decirse de las responsabilidades asignadas al servicio de mantenimiento y dependerán fundamentalmente de la carga de trabajo específico que éste tenga.

1.7.2.2.1. Características

- Altos costos de mano de obra, y se precisa de gran disponibilidad de la misma.
- Altos costos de oportunidad, debido a que los niveles de inventario de repuestos deberán ser altos, de tal manera que puedan permitir efectuar cualquier daño imprevisto.
- Generalmente es desarrollado en pequeñas empresas.
- La práctica enseña que, aunque la filosofía de mantenimiento de la compañía no se base en la corrección, este tipo de mantenimiento es inevitable, dado que es imposible evitar alguna falla en un momento determinado.

1.7.2.2.2. Desventajas

- Tiempos muertos por fallas repentinas

- Una falla pequeña que no se prevenga puede con el tiempo hacer fallar otras partes del mismo equipo, generando una reparación mayor.
- Es muy usual que el repuesto requerido en un mantenimiento correctivo no se encuentre disponible en el almacén, esto debido a los altos costos en que se incurre al pretender tener una disponibilidad de todas las partes susceptibles de falla.
- Si la falla converge con una situación en la que no se pueda detener la producción, se incurre en un trabajo en condiciones inseguras.
- La afectación de la calidad es evidente debido al desgaste progresivo de los equipos.

1.7.2.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una modalidad que se encuentra en un nivel superior a las dos anteriores, supone una inversión considerable en tecnología que permite conocer el estado de funcionamiento de máquinas y equipos en operación, mediante mediciones no destructivas. Las herramientas que se usan para tal fin son sofisticadas, por ello se consideran para maquinaria de alto costo, o que formen parte de un proceso vital.

Corresponde a una serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que estos fallos se manifiesten durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo. Su misión es conservar un nivel de servicio determinado en los equipos programando las revisiones en el

momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir que se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener problemas.

Una de las ventajas es que las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planificación y la programación de las acciones correctivas en paros programados y bajo condiciones controladas que minimicen los tiempos muertos y el efecto negativo sobre la producción y que, además, garanticen una mejor calidad en las reparaciones.

1.7.2.3.1. Técnicas del mantenimiento predictivo

El objetivo del mantenimiento predictivo consiste en anticiparse a la ocurrencia de fallas, las técnicas de mantenimiento predictivo en Guatemala más comunes son:

- Análisis de temperatura: termografías
- Análisis de vibraciones
- Análisis de energía
- Alineación y balanceo dinámico
- Análisis de aceites
- Análisis cromatográfico de gases (G1)

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia, tales como alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste y alto amperaje, entre otras.

Las técnicas para detección de fallos y defectos en maquinaria varían, desde la utilización de los sentidos humanos (oído, vista, tacto y olfato), hasta la utilización de datos de control de proceso y de control de calidad, el uso de herramientas estadísticas y técnicas de moda como el análisis de vibración, la termografía, la tribología, el análisis de circuitos de motores y el ultrasonido.

1.7.2.4. Análisis de temperatura: termografías

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

1.7.2.4.1. Análisis de vibraciones

Consiste en separar las vibraciones por frecuencia. De esta forma se puede determinar si existen niveles peligrosos de vibración, además de establecer la causa u origen de éstos. A través del análisis de vibraciones se puede determinar el régimen de funcionamiento de los equipos rotativos.

Por ejemplo, se puede determinar si una máquina está desbalanceada, desalineada, tiene problemas de cojinetes averiados, entre otros. El programa de inspecciones de análisis vibracional se realiza con uno de los equipos más avanzados, entre ellos el vibrotest 60, de compañías europeas, el cual permite realizar una identificación precisa del estado de la máquina y de sus fallos, prevención de paradas de producción no programadas extensión de intervalos entre inspecciones y la óptima planificación de reparaciones.

Este análisis se puede llevar a cabo de acuerdo a las necesidades del cliente, y las diferentes variantes pueden ser:

- Servicio de arranque: en donde se certifica la condición de funcionamiento de un equipo nuevo o reacondicionado si está dentro de los parámetros admisibles y la vida útil del mismo.
- Servicio de emergencia: en donde se realizan todos los análisis posibles para llegar a determinar las causas de las vibraciones con su respectiva acción correctiva.
- Servicio de monitoreo periódico: en donde se establecen los parámetros a medir en una población de equipos y se lleva el siguiente proceso: captación de datos, análisis de los datos obtenidos y reporte de acciones correctivas.

1.7.2.4.2. Análisis de energía

El programa de diagnóstico de instalaciones eléctricas comprende un diagnóstico electro energético de las instalaciones, el mismo está diseñado para reducir el consumo y las pérdidas de energía. Consiste en analizar y determinar los balances de energía y cuantificar las posibles pérdidas, así como la eficiencia y el rendimiento de los equipos más importantes.

El programa se realiza con equipo especial de alto rendimiento, durante un periodo de 3 días x 24 horas continuas en sus instalaciones para poder tener parámetros más exactos en la elaboración del diagnóstico.

A partir de un adecuado diagnóstico se pueden generar resultados del siguiente tipo:

- Revisión de los equipos de medición instalados.
- Análisis del factor de potencia.
- Análisis y compensación de corrientes armónicas.
- Análisis del factor de carga.
- Detección de equipos sobredimensionados.
- Propuestas de optimización de consumo.

1.7.2.4.3. Alineación y balanceo dinámico

Es un servicio cuyo objetivo consiste en evitar que dos o más máquinas acopladas, provoquen esfuerzos, evitables mediante la alineación, que pueden traer como consecuencia la avería de piezas importantes en la máquina.

- Alineación: se ofrece este servicio con equipo y capacitación óptima. El equipo láser ofrece velocidad, precisión y la presentación de un reporte final inalterable.
- Balanceo dinámico: se puede llevar a cabo balanceos dinámicos altamente precisos, tanto en el sitio de operación de la maquinaria como en el taller.

Las ventajas de trabajar con equipo debidamente balanceado son

- Reducir desgaste de cojinetes y chumaceras.
- Reducir fatiga estructural en equipo y construcciones.

- Reducir fatiga de operadores causada por ruido.
- Incrementar la eficiencia de la maquinaria al reducir fuerzas centrífugas innecesarias.

1.7.2.4.4. Análisis de aceites

En aceites lubricantes se realizan las siguientes pruebas: espectrofotometría para determinación de desgaste de metales: Al, Cu, Fe, Cr, Pb, Si, Mo, Mg, Sn, Zn, P. Viscosidad (CST a 40 y 100 °C) contaminación de agua, conteo de partículas magnéticas con método ASTM 406.

1.7.2.4.5. Análisis cromatográfico de gases (G1)

Por medio de la desgasificación del aceite y el posterior análisis de los gases, se obtendrá el contenido cualitativo y cuantitativo de los mismos:

- H₂ Hidrógeno
- CH₄ Metano
- C₂H₆ Etano
- C₂H₄ Etileno
- C₂H₂ Acetileno

Los análisis se realizan según la Norma UNE 21320-28/83 y UNE 21320-29/82, respectivamente.

Un detenido estudio de los gases mencionados, así como de la evolución de éstos permite conocer la existencia de defectos y el tipo de los mismos (térmico, descargas parciales, arcos, entre otros). También el estudio de la

evolución de los gases informa sobre su gravedad y posibles repercusiones futuras.

1.7.2.5. Mantenimiento proactivo

Es un tipo de mantenimiento que concierne a toda la empresa, se aplican los tres tipos de mantenimiento anteriormente indicados, además de que en cualquier actuación correctiva, se busca el porqué de la avería y cuáles son los medios que debemos aplicar para que no vuelva a suceder.

Al aplicar el mantenimiento proactivo, el preventivo ya no depende del tiempo exclusivamente, sino que las actuaciones varían para conseguir optimizarlos, de tal forma que el mantenimiento sea un beneficio para su centro.

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo para desarrollar las labores de mantenimiento.

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización.

Este mantenimiento, a su vez, debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros aciertos y también errores.

1.7.2.6. Mantenimiento productivo total o TPM

Mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (*Total Productive Maintenance*). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos.

Se asume el término TPM con los siguientes enfoques: la letra M representa acciones de *management* y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra productivo o productividad de equipos pero que se puede asociar a un término con una visión más amplia como perfeccionamiento. La letra T de la palabra total se interpreta como todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que, una vez implantadas, ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de

respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. El TPM es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos, cero averías.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No sólo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa. La obtención de las cero pérdidas se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

1.7.2.6.1. Objetivos del TPM

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

- **Objetivos estratégicos:** el proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del conocimiento industrial.
- **Objetivos operativos:** el TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

- **Objetivos organizativos:** el TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el 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.

1.7.2.6.2. Características

Las características del TPM más significativas son: acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo; participación amplia de todas las personas de la organización y es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos. Está orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando. Además, a la intervención significativa del personal involucrado en la operación, y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos. Todos éstos son procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

El TPM se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas: dirección de operaciones de mantenimiento, y dirección de tecnologías de mantenimiento.

1.7.2.6.3. Beneficios del TPM

- **Organizativos:** mejora de calidad del ambiente de trabajo, mejor control de las operaciones, incremento de la moral del empleado, creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas de aprendizaje permanente, creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad, dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal, redes de comunicación eficaces.
- **Seguridad:** mejorar las condiciones ambientales, cultura de prevención de eventos negativos para la salud, incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas, entender el porqué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo, prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes, eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.
- **Productividad:** eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas, mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos; reducción de los costes de mantenimiento, mejora de la calidad del producto final; menor coste financiero por recambios, mejora de la tecnología de la empresa; aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado, y crear capacidades competitivas desde la fábrica.

1.7.3. Ventajas del uso de mantenimiento

El concepto de eficiencia de mantenimiento, sin definir los criterios según los cuales se medirá, carece de sentido.

- Desde el punto de vista de control de mano de obra, el mantenimiento es eficaz si todo el personal trabaja en todo momento sobre un nivel normalizado de esfuerzo, sin excederse en cuanto a tiempo desocupado razonable y necesario para reponer el cansancio y satisfacer los requisitos personales.
- Desde el punto de vista de control de costos, la eficiencia del mantenimiento podrá medirse en función de la capacidad del departamento del mismo a fin de no sobrepasar su presupuesto de materiales y mano de obra.
- El encargado de seguridad considera eficaz el mantenimiento cuando no se producen accidentes atribuibles a máquinas y equipo.

Cada uno de estos criterios es real y razonable, con ciertas reservas. Una limitación consiste en que ninguno de los criterios puede considerarse independiente de los demás, porque a causa de sus características individuales están en pugna unos con los otros. Por ejemplo, satisfacer los criterios de producción en cuanto a la prevención de desarreglos o la restauración del equipo a la mayor brevedad posible, engendra ineficacia, según los demás criterios, pues es imprescindible una gran cantidad de personal de mantenimiento para tener un servicio rápido en un momento de avería.

Como las averías sobrevienen en forma aleatoria, el departamento de mantenimiento tendría que contar con personal suficiente para satisfacer la demanda máxima, lo cual crearía un exceso de desocupación en los periodos en que la demanda es mínima, y así, desde el punto de vista de mano de obra, baja significativamente la medida de eficiencia.

Al mismo tiempo, con el fin de reintegrar rápidamente una máquina fallada, se toman medidas provisionales para que el equipo trabaje hasta el

próximo periodo de desocupación programada, que es cuando se hará la reparación permanente.

Las reparaciones provisionales incrementan la inseguridad y reducen la eficiencia del criterio correspondiente.

Simultáneamente, el personal excesivo, el mantenimiento permanente después de la reparación provisional y la necesidad de tener existencia de repuestos para asegurar composturas rápidas, aumentarán los costos, disminuyendo así la eficiencia desde el punto de vista de control de costos.

Efectos análogos pueden imaginarse con respecto a los demás criterios, si alguno aislado se maximiza. Las decisiones en cuanto al intercambio entre eficiencias son a menudo bastante arbitrario, y en el mejor de los casos se utilizan tan sólo técnicas de equilibrio cualitativo. Por medio de un enfoque sistemático, basándose en el costo total como criterio, se pueden equilibrar los criterios tradicionales.

1.7.4. Índices de clase mundial para el mantenimiento

Son llamados índices clase mundial aquellos que son utilizados según la misma expresión en todos los países. De los seis índices clase mundial, cuatro son los que se refieren al análisis de la gestión de equipos y dos a la gestión de costos, de acuerdo con las siguientes relaciones:

1.7.4.1. Tiempo medio entre fallas

Relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítem, en el periodo observado.

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMC}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

1.7.4.2. Tiempo medio para reparación

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítem con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

Este índice debe ser usado, para ítem en los cuales el tiempo de reparación es significativo, con relación al tiempo de operación.

1.7.4.3. Tiempo medio para la falla

Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítem no reparable y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el periodo observado.

$$\text{TMPF} = \frac{\sum \text{HROP}}{\text{NTMC}}$$

Este índice debe ser usado para ítem que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Es importante observar la diferencia conceptual existente entre los índices tiempo medio para la falla y tiempo medio entre fallas. El primer índice (TMPF) es calculado para ítem que no son reparados tras la ocurrencia de una falla, es decir, cuando fallan son sustituidos por nuevos y, en consecuencia, su tiempo de reparación es cero.

El segundo índice (TMEF) es calculado para ítem que son reparados tras la ocurrencia de la falla. Por lo tanto, los dos índices son mutuamente exclusivos, esto es, el cálculo de uno excluye el cálculo del otro, para ítems iguales.

El cálculo del tiempo medio entre fallas debe estar asociado al cálculo del tiempo medio para la reparación. Debido a que dichos índices presentan un resultado promedio, su exactitud está asociada a la cantidad de ítem observados y al periodo de observación.

Cuanto mayor sea la cantidad de datos, mayor será la precisión de la expectativa de sus valores.

En caso de no existir gran cantidad de ítem, o en el caso que se desee obtener los tiempos promedios entre fallas de cada uno, es recomendable trabajar con periodos bastante amplios de observación (cinco años o más), para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Especial atención se debe tener en el desarrollo de programas informatizados para el cálculo de estos índices, pues puede ocurrir que, en el periodo considerado, el número de ocurrencias (fallas) sea cero, haciendo que el programa se trabe. Como sugerencia para este tipo de acontecimiento, debe ser hecha la consideración de la existencia de una falla con tiempo igual a cero, que daría un valor constante para cualquier condición de cálculo.

1.7.4.4. Disponibilidad de equipos

Relación entre la diferencia del número de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{(HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} * 100$$

La disponibilidad de un ítem representa el porcentaje del tiempo en que quedó a disponibilidad del órgano de operación para desempeñar su actividad. El índice de disponibilidad también es identificado como performance o desempeño de equipos y, para ítem de operación eventual, puede ser calculado como la relación entre el tiempo total de operación de cada uno y la suma de

este tiempo con el respectivo tiempo total de mantenimiento en el periodo considerado.

Otra expresión muy común, utilizada para el cálculo de la disponibilidad de equipos sometidos exclusivamente a la reparación de fallas, es obtenida por la relación entre el tiempo medio entre falla (TMEF) y su suma con el tiempo medio para reparación y los tiempos ineficaces del mantenimiento (tiempos de preparación para desconexión y nueva conexión y tiempos de espera que pueden estar contenidos en los tiempos promedios entre fallos y de reparación).

$$DISP = \frac{\Sigma TMEF}{TMEF+TMPR} * 100$$

Es posible observar que está es la expresión más simple ya que es obtenida a partir de la relación entre dos otros índices normalmente ya calculados.

El índice de disponibilidad (o *performance*) es de gran importancia para la gestión del mantenimiento, pues a través de éste, puede ser hecho un análisis selectivo de los equipos, cuyo comportamiento operacional está por debajo de estándares aceptables.

1.7.4.4.1. Costo de mantenimiento por facturación

Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el periodo considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} * 100$$

Este índice es de fácil cálculo ya que los valores, tanto del numerador como los del denominador, son normalmente procesados por el órgano de contabilidad de la empresa.

1.7.4.4.2. Costos de mantenimiento por el valor de reposición

Relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra de ese mismo equipo nuevo (valor de reposición).

$$\text{CMRP} = \frac{\sum \text{CTMN}}{\text{VLRP}} * 100$$

Este índice debe ser calculado para los ítems más importantes de la empresa (que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o al medio ambiente), ya que como fue indicado, es personalizado para el ítem y utiliza valores acumulados, lo que torna su procesamiento más demorado que los demás, no se justifica de esta forma ser utilizado para ítem secundarios.

1.7.5. Gestión de equipos

Además, de los cuatro índices de equipos identificados como clase mundial, existen otros que pueden auxiliar en la evaluación de los criterios de intervención y del proceso de gestión.

1.7.5.1. Tiempo medio entre mantenimientos preventivos

Relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones preventivas, en el periodo observado.

$$TPEP = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMP}$$

1.7.5.2. Tiempo medio para intervenciones preventivas

Relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítem, y el número total de intervenciones preventivas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP}$$

1.7.5.3. Tasa de falla observada

Relación entre el número total de ítem con falla, y el tiempo total acumulado durante el cual este conjunto fue observado.

$$TXRP = \frac{NTMC}{\sum HRMC}$$

Este índice debe estar asociado a intervalos de tiempo, condiciones particulares y especificadas y; el tiempo total acumulado deberá ser la suma de

todos los intervalos de tiempo, durante los cuales cada ítem, de manera individual, quedó sujeto a las condiciones específicas de funcionamiento.

La utilización de algunos de los índices presentados permitirá visualizar, para los ítems controlados, cuáles son los que necesitan mayor atención del órgano de ejecución del mantenimiento y, no obstante, se recomienda que la recolección y el cálculo se limiten a periodos mensuales, el análisis deberá ser realizado para periodos mayores (anual o semestral), donde se tendrán mayor cantidad de datos para pronosticar el comportamiento de esos equipos. Se recomienda también, la comparación entre periodos diferentes, para examinar si hubo progreso en las precauciones tomadas, en función del análisis de los periodos anteriores.

1.7.5.4. Componente del costo de mantenimiento

Relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} * 100$$

El costo total de la producción incluye los gastos directos e indirectos de ambos órganos (operación y mantenimiento), incluso la respectiva facturación cesante.

Una vez elegidos, los índices deberán ser estandarizados para todas las áreas de mantenimiento, para que sean calculados periódicamente y presentados en forma de tablas y gráficos comparativos, con el objetivo de motivar el análisis y las sugerencias respecto a las distorsiones.

Para facilitar el análisis, podrán ser determinados los valores promedios de los índices elegidos y establecidos los desvíos estándares, de forma que se obtengan intervalos aceptables de variación de cada uno.

Por esta razón, las áreas afectadas deberán participar de las fases de la planificación del sistema, cuando sean definidos los índices a ser calculados y el sistema de recolección de datos para el cálculo de esos índices; del análisis de resultados, para la evaluación de métodos y la presentación de las justificaciones, y en la búsqueda de alternativas, con la finalidad de transformar la inversión en tiempo y dinero en el desarrollo del proceso compensador.

Dado que existe el consentimiento de los órganos involucrados en el análisis, respecto al establecimiento de intervalos de tolerancia para los índices calculados, solamente los valores que los superen serán analizados y justificados por el área afectada.

También pueden ser buscadas metas de reducción de los promedios o intervalos de tolerancia, con la participación directa de las áreas de ejecución del mantenimiento, en las reuniones que traten del establecimiento de metas, en función de su viabilidad con los recursos disponibles. En ese caso, las áreas que consiguieron los mejores valores en sus índices deberán divulgar los mecanismos utilizados a las demás áreas, siendo esta una razón más para la utilización del valor básico de referencia común a todas las áreas.

Sin embargo, la búsqueda de reducción de valores no debe tener como tributo el desgaste del equipo, la reducción del desempeño de los equipos, o la introducción de riesgos a la seguridad del trabajo.

1.8. Cimentación y montaje

Se refieren a la parte de la estructura utilizada para apoyar la superestructura en su emplazamiento y a la vez, transmitir al suelo la totalidad de las fuerzas originadas por la maquinaria a la que sostiene.

1.8.1. Cimentación

Infraestructura necesaria que se deberá instalar debajo de las máquinas industriales para soportar las fuerzas y esfuerzos que derivan del peso y del movimiento de los mismos, y distribuirlos en el subsuelo de tal modo que no se produzcan asentamientos, desplazamientos ni vibraciones, que puedan perturbar el trabajo normal de la máquina o la estabilidad de las construcciones vecinas.

1.8.1.1. Consideraciones para la cimentación

Existen algunas consideraciones que se deben de tomar en cuenta para la elección de una buena cimentación para la máquina y así evitar daños o contratiempos posteriores.

1.8.1.1.1. Capacidad de carga

Es la que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada. La carga admisible depende del terreno, de la cimentación, de la estructura y de un coeficiente de seguridad. Se deben de tomar en cuenta las cargas estáticas y dinámicas.

1.8.1.1.2. Cargas permisibles

Algunos suelos soportan mayores cargas por unidad de área que otros; por lo que hay que tomar en cuenta el tipo de suelo en los que se va instalar la maquinaria y a realizar la cimentación.

1.8.1.1.3. Accesorios

Tomar en cuenta los espacios para tuberías, drenajes, ventilación, conductos, ganchos de soporte, escaleras, accesos.

1.8.1.1.4. Asentamientos

Al apoyar una estructura en el suelo es inevitable la compresión del mismo, por lo cual debe procurarse que esta compresión sea mínima, uniforme y controlada.

La diferencia de asentamientos entre una maquinaria y otros equipos apoyados en cimientos diferentes pueden crear esfuerzos no deseados y sumamente perjudiciales; se le conoce como asentamiento diferencial.

1.8.1.1.5. Asiento vertical

Desplazamiento de una cimentación bajo carga de servicio, se debe limitar la presión al terreno al 40 % o 60 % del valor de seguridad en las cimentaciones.

1.8.1.1.6. Economía

Realizar una cimentación adecuada realizando los estudios respectivos tomando en cuenta la factibilidad, utilidad, funcionalidad, seguridad, estética y economía.

1.8.1.1.7. Factores que afectan al cimiento

- Soporte del peso total de la máquina.
- Mantener la alineación entre la maquinaria y sus accesorios.
- Aislar las instalaciones próximas de las vibraciones producidas.

1.8.2. Esfuerzos que sufre la cimentación

Se denominan cimientos o cimentación al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados en este al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen una serie de valores máximos del terreno de apoyo. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que la de los pilares o muros que soportará, el área de contacto entre el suelo y la cimentación será mucho más grande que los elementos soportados (excepto en suelos rocosos muy coherentes).

1.8.2.1. Estáticos

El peso de la máquina y el del cimiento son considerados como carga vertical; la máquina actúa a presión lenta y sobre el terreno solamente existen cargas verticales.

1.8.2.2. Dinámicos

Los esfuerzos dinámicos que producen efectos sobre las cimentaciones se pueden dividir entre los impactos aislados que se producen en forma irregular llamados choques aislados; y fuerzas oscilantes producidas por masas en movimiento periódico.

1.8.2.3. Vibratorios

Las partes de una máquina en movimiento dan lugar a vibraciones, que muchas veces producen efectos complejos. Estos efectos dependen de la clase de máquina que se trate, por tanto, las características de la cimentación serán de acuerdo con esa variación en la maquinaria.

1.8.3. Anclajes

Para que una máquina trabaje normalmente y de forma segura para el operador, tiene que estar debidamente anclada al cimiento. El anclaje es muy similar en todos los casos, en lo que varían es la forma de la placa de asiento, que es la encargada de transmitir las cargas al cimiento. Las placas de anclaje más utilizadas son las cuadradas, rectangulares, poligonales, circulares. Estas últimas son preferibles cuando se trata de transmitir grandes presiones al cimiento.

Las máquinas fijas de cargas continuas o periódicas se anclan directamente al cimiento, donde los pernos pueden estar sometidos a esfuerzos de tensión, corte o combinados. Cuando se tiene el caso de cargas repetidas no rítmicas (alternadas), se tiene que tomar en cuenta la fatiga del material.

Para pernos de anclaje se utilizan generalmente barras lisas, sin embargo, una barra de estas puede transformarse en un perno arponado o corrugado, que son útiles cuando se tienen que introducir en un orificio hecho posteriormente, que después se rellena con concreto. Es recomendable que los pernos sean colocados antes de verter el concreto para el cimiento.

Antes de anclar la máquina al cimiento, debe chequearse que el cimiento este completamente nivelado, para proceder luego a la colocación y nivelación de la máquina sobre el mismo. El apoyo de la máquina sobre el cimiento se realiza a través de una placa de asiento de material elástico, una vez colocada la máquina sobre dicho asiento, se comprueba su correcta nivelación en sentido longitudinal y transversal; la nivelación se consigue colocando placas de material elástico y de espesor variable bajo la base de la máquina en el lugar de los pernos de anclaje. Si la cimentación ya está hecha se pueden utilizar otro tipo de pernos de anclaje que se encuentran en la industria; varían en su construcción y funcionamiento, pero cumplen los mismos objetivos.

1.8.3.1. Funcionamiento

La mayoría de los anclajes que son instalados después de haber hecho el cimiento funciona ya sea por fricción, área de soporte, por adhesión o una combinación de estos.

1.8.3.2. Anclajes mecánicos

Existen varios tipos de anclajes como son los machos o de rosca externa, hembra o de rosca interna, autorroscantes; todos estos, pueden mejorar sus características mecánicas, utilizando un epóxico en la cavidad del anclaje para obtener mejores resultados.

1.8.3.3. Factores a considerar

Se deben que considerar algunos factores para la utilización de los pernos de anclaje.

- Resistencia del concreto
- Diámetro del anclaje
- Profundidad de empotramiento
- Distancia entre ejes y al borde

1.8.3.4. Tipos de falla

- Por sobrecarga:
 - Rotura del anclaje
 - Rotura del concreto o extracción del anclaje

- En el material base:
 - Rotura del material base
 - Rotura del borde
 - Agrietamiento
 - Deslizamiento del anclaje
 - Extracción del anclaje

1.8.3.5. Factor de seguridad

Para propósitos de diseño, se tiene que considerar un factor de 4:1 para todos los esfuerzos estáticos, tanto en tensión como en corte; esto indica que la resistencia segura de trabajo es del 25 % de la resistencia final del perno.

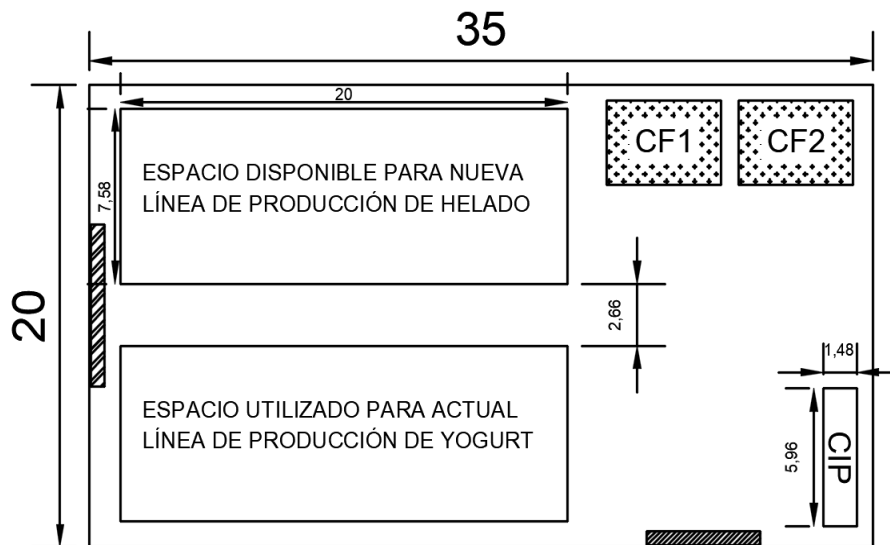
2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Espacio físico disponible en planta

Actualmente, en la planta de producción de *Glad S.A.*, se cuenta con una nave industrial en donde hay una línea de producción de yogurt, y en donde se desea como plan a futuro colocar esta nueva línea de producción de helado.

Para conocer el espacio físico con el que se dispone se elabora un plano de la planta de producción, en donde se determinará el espacio actual que ocupa la línea de producción de yogurt y el espacio disponible para la nueva línea de producción de helado.

Figura 2. Plano de planta de producción



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Dónde:

CF1 = cuarto frío número 1

CF2 = cuarto frío número 2

CIP = sistema de lavado para equipos

2.2. Equipos que conformarán la línea de producción de helado

Los equipos que serán utilizados en la producción de helado son los siguientes:

- 3 tanques de almacenamiento de acero inoxidable.
- 1 mezcladora/dosificadora de sólidos.
- 1 pasteurizador.
- 1 chiller (enfriador).
- 1 homogenizadora.
- 1 banda transportadora.
- 1 llenadora/etiquetadora automática.

Estos equipos han sido determinados según las necesidades de los procesos para la elaboración de helado requeridos por la gerencia general.

Se debe tomar en cuenta que para esta fabricación de helado se deben cumplir con normativas, es decir, que todos los procesos están planificados para cumplir con normas internacionales para los productos alimenticios, estas normas serán las indicadas para poder cumplir con la calidad y confiabilidad que los clientes de este producto se merecen.

Por ende, los equipos a utilizar en esta producción de helado deben cumplir con estas normas, y uno de los requerimientos es que los equipos deben ser fabricados en material de acero inoxidable, ya que con este material se puede controlar la posible contaminación que pueda afectar los componentes alimenticios que el producto contiene.

Entre las normas que la industria alimenticia debe tener en cuenta, para sus estándares de calidad, tanto en su producto como en sus procesos productivos y en sus procesos administrativos, son las siguientes:

- BPM's
- BPH's
- RTCA
- HACCP
- ISO 90001
- ISO 22000

A continuación, se dará a conocer las especificaciones técnicas y operativas de los equipos que conformarán la línea de producción de helado. Estas especificaciones ayudarán al lector en comprender de mejor manera el funcionamiento de estos equipos, para su posterior reacondicionamiento y montaje. Además de esto, las características y especificaciones podrán ayudar a determinar un ahorro energético desde su instalación hasta sus procesos operativos.

2.2.1. Datos técnicos de equipos de nueva línea de producción

La selección de los equipos por parte de gerencia de planta, ha sido con base a fichas técnicas, manuales de equipos, costos de equipos, facilidad de montaje, costos de mantenimiento y aspectos económicos de importación y mercadológicos.

Los equipos de la línea de producción de helado poseen especificaciones técnicas y características generales, que en su mayoría se encuentran en los manuales de los equipos o bien en placas metálicas instaladas en los mismos.

Estas especificaciones son importantes para el departamento de mantenimiento y para gerencia de planta, ya que estas especificaciones determinan las instalaciones eléctricas que los equipos requieren, además, pueden orientar el mantenimiento que se realizara a estos nuevos equipos. A continuación, se detalla las especificaciones brindadas por parte de proveedor de equipos, de manera sintetizada.

Los datos proporcionados por el proveedor de equipos, han sido con base en un día de trabajo típico en las condiciones normales de producción:

- Temperatura del medio ambiente: 25 °C.
- Humedad relativa del aire ambiente: 85 %.
- Temperatura del agua: 20 – 25 °C.
- Factor de potencia de la planta: 0,78.

2.2.1.1. Tanque de almacenamiento de acero inoxidable

Datos técnicos generales:

- Capacidades de 150 a 5 000 L.
- Actuador vertical para C-TOP en acero inoxidable AISI 304L.
- C-TOP y magnético Reed 24V DC 1E 1M.
- Válvulas de seguridad DN25 y drenaje.
- Manómetro 10 bar, 1½".
- Sacamuestras Keofitt.
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 4 Kw/h.

Figura 3. Tanque de almacenamiento de acero inoxidable



Fuente: INOXPA. <https://www.inoxpa.com/products/product/maturing-fermenting-unit-mfl>.

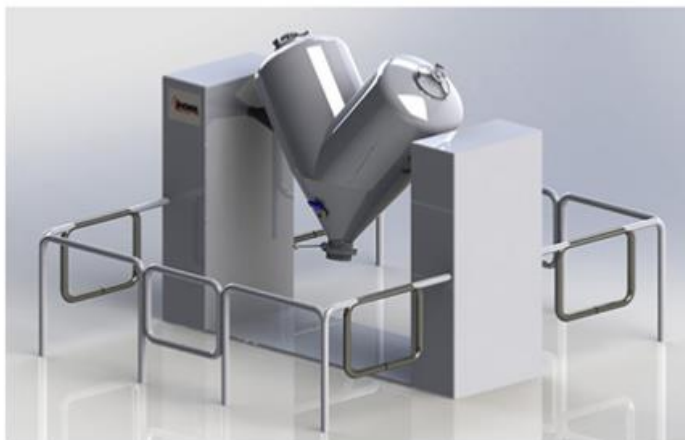
Consulta: mayo 2018.

2.2.1.2. Mezcladora/dosificadora de sólidos

Datos técnicos generales:

- El tiempo de mezcla varía de 3 a 15 minutos en función de la mezcla.
- Permite una mezcla precisa y rápida. Es óptimo para realizar mezclas delicadas.
- Las bocas disponen de cierre hermético para evitar la contaminación ambiental durante el mezclado.
- Su interior está especialmente diseñado para evitar la formación de espacios muertos facilitando la descarga por gravedad.
- Dispone de barandilla de protección según norma de seguridad CE con seguridad eléctrica.
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 8 Kw/h.

Figura 4. Mezcladora/dosificadora en V



Fuente: INOXPA. <https://www.inoxpa.com/products/product/v-type-solids-blender>. Consulta: mayo 2018.

2.2.1.3. Pasteurizador

Datos técnicos generales:

- Caudal de trabajo: 500 l/h – 1 000 l/h – 2 000 l/h – 3 000 l/h – 5 000 l/h
- Temperatura de entrada producto: 4 °C
- Temperatura de pasterización: 72 °C
- Temperatura de salida producto: 4 °C
- Tiempo de retención: 15 s
- Temperatura de agua caliente: 74 °C
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 18,5 Kw/h.

Figura 5. Sistema de pasteurizador



Fuente: INOXPA. <https://www.inoxpa.com/products/product/pasteuriser-htst>. Consulta: mayo 2018.

2.2.1.4. Chiller (enfriador)

Datos técnicos generales:

- Capacidad: 86-103,2 toneladas
- Tipo: enfriado por aire
- Tons: 86-103,2
- Voltaje: 50 - 60 Hz
- Compresor: SEMIHERMÉTICO
- Refrigerante: R410A
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 16 Kw/h.

Figura 6. Chiller o enfriador



Fuente: MTA. <https://www.mta-it.com/eng/products/process-cooling/air-cooled-chillers-1/taeevo-tech.php>. Consulta: mayo 2018.

2.2.1.5. Homogenizadora

Datos técnicos generales:

- Unidad cerrada vertical en acero inoxidable AISI 316.
- Agitador vertical con cowler.
- Mixer de fondo de alto cizallamiento.
- Sonda control de nivel máximo y mínimo.
- Tomamuestras en cuerpo del depósito.
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 09 Kw/h.

Figura 7. Homogenizadora



Fuente: INOXPA. <https://www.inoxpa.com/products/product/mixing-unit-cmc>. Consulta: mayo 2018.

2.2.1.6. Banda transportadora

Datos técnicos generales:

- Cuadro eléctrico en inoxidable.
- Modulo electrónico dosificador con display. Teclado y luz de alarma.
- Salida de potencia ligada al valor de dosificación para conectar un equipo de bombeo.
- Dosificación automática mediante preselección de volumen.
- Certificado de calibración.
- Materiales en contacto con el producto en Inoxidable 316L
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 4,5 Kw/h.

Figura 8. Banda transportadora



Fuente: COMETSA. <http://www.cometsa.com.co/es/25-transportadores-de-cinta>. Consulta: mayo 2018.

2.2.1.7. Llenadora/etiquetadora automática

Datos técnicos generales:

- Conexiones soldar, Clamp, SMS, RJT, IDF, Bridas
- Juntas en Viton®, NBR
- Posibilidad de válvulas con cuerpos mixtos (es decir, cuerpo superior e inferior de diámetros distintos)
- Soldadura en orbital
- Pruebas de presión (PED)
- Opción de actuador hasta 10bar
- Tensión de alimentación: 220-380 voltios CA.
- Consumo eléctrico máximo: 18 Kw/h.

Figura 9. Llenadora/etiquetadora automática



Fuente: AGRIEXPO. <http://www.agriexpo.online/es/prod/mayer-gmbh-co-kg-maschinenbau-und-verwaltung/product-177282-31416.html>. Consulta: mayo 2018.

2.3. Equipo para monitoreo de nueva línea de producción

Al tener una nueva línea de producción y una propuesta para la correcta instalación, el buen reacondicionamiento y proponer una cultura de mantenimiento debemos tener un plan de monitoreo para los equipos. Este plan de monitoreo será propuesto en las capacitaciones que se darán al finalizar las instalaciones y montajes de los equipos, dichas capacitaciones están propuestas en el último capítulo del presente informe final de EPS.

Para la comprensión de este monitoreo de equipos se debe conocer la instrumentación que se utilizará, ya que cada instrumento tiene un objetivo de medición y ciertas especificaciones generales que serán de utilidad para determinar las actividades que conformarán el monitoreo de la línea.

Es importante mencionar que toda persona que realice un recorrido para el monitoreo de equipos en las líneas de producción debe contar con su equipo de protección personal para cumplir con los estándares de seguridad industrial y salud ocupacional que la empresa posee. Es decir, que el personal de mantenimiento debe estar capacitado en el tema de seguridad industrial, y además contar con elementos básicos de protección. Estos elementos son:

- Gafas de seguridad
- Guantes
- Casco industrial
- Uniforme adecuado para el personal de mantenimiento
- Botas industriales

Los siguientes instrumentos y equipos de medición se proponen como instrumentos básicos del mantenimiento, generando la cultura del mantenimiento preventivo y predictivo.

2.3.1. Termómetro infrarrojo digital

- Nombre: termómetro infrarrojo Fluke 572-2
- Objetivo de medición: medición de parámetros de altas temperaturas.
- Descripción general:

El termómetro por infrarrojos para altas temperaturas Fluke 572-2 es el mejor que puede usar en entornos industriales exigentes con altas temperaturas en todo el mundo. Tanto si trabaja en instalaciones de electricidad, de refinería y fundición de metal, o de tratamiento de vidrio, cemento o productos petroquímicos; con el nuevo 572-2 llevará consigo la marca con mayor reconocimiento en instrumentos de comprobación para obtener unas mediciones exactas, realizadas a altas temperaturas y con una alta relación de distancia al punto de comprobación.

Con una intuitiva interfaz de usuario y diferentes teclas programables, el Fluke 572-2 hace que hasta las mediciones más complejas resulten sencillas. Rápidamente navegue y ajuste la emisividad, inicie el registro de los datos o active y desactive las alarmas, con unas pocas pulsaciones de un botón.

Figura 10. **Termómetro infrarrojo digital**



Fuente: FLUKE. <https://www.fluke.com/es-gt/producto/medicion-de-temperatura/termometros-infrarrojos/fluke-572-2>. Consulta: mayo 2018.

2.3.2. Cámara termográfica

- Nombre: cámara infrarroja Fluke TiS75
- Objetivo de medición: realizar fotografías y videos por medio de cámara infrarroja.
- Descripción general:
 - Imágenes de calidad profesional con una resolución de 320x240
 - Flexibilidad de enfoque manual para obtener imágenes nítidas a tan solo 0,15 m (6 pulgadas).
 - Vea los problemas a una distancia de seguridad gracias a su relación D:S de 504:1.
 - Vea la ubicación exacta del problema con imágenes visuales y por infrarrojos precisas con IR-Fusion® o con la característica de imagen en imagen.

- Disfrute de un área de inspección un 33 % mayor gracias a la pantalla LCD de 320 x 240 de 3,5 pulgadas, en comparación con una pantalla LCD de 3 pulgadas.
- Conozca su nivel de carga.

Figura 11. **Cámara termográfica**



Fuente: FLUKE. <https://www.fluke.com/es-us/producto/camaras-termicas/tis75>. Consulta: mayo 2018.

2.3.3. **Cámara de inspección**

- Nombre: ENDOSCAM R 5,8MM - boroscopio con cámara orientable
- Objetivo de medición: realizar inspecciones dentro de cualquier tipo de tubería.
- Descripción general:

ENDOSCAM R BQ 5,8 MM permite la inspección de cavidades oscuras y estrechas gracias a su reducido diámetro de la sonda y a sus 4 potentes led de alto rendimiento lumínico. Dispone de una sonda con cabezal que se orienta con una sola mano desde unas ruedas que controla el cabezal de endoscopio, permitiendo una movilidad con amplitud de 360 °.

La rotación axial del mango tiene la ventaja de conocer exactamente el ángulo de visión de la cámara, determinando así la posición exacta del objeto inspeccionado. Este endoscopio le permite guardar varios archivos de imagen (JPG) y vídeo (AVI) en una tarjeta microSD (3 horas de vídeo en una tarjeta microSD de 4GB).

ENDOSCAM R BQ 5,8 MM dispone de una construcción sólida, ligera y una gran autonomía de uso (4 horas), diseñado para dar respuesta al sector industrial, la ingeniería, automoción, electricidad, mecánica, electromecánica, climatización, entre otros. De hecho, el uso de endoscopio con cabezal orientable es una herramienta indispensable que tiene variadas aplicaciones en el mantenimiento, diagnóstico de estado o para la detección de fallos y averías.

Figura 12. **Boroscopio con cámara orientable**



Fuente: SERVICOM. <http://serviciocomercial.com/boroscopios/endoscopio-industrial/170-endoscam-r-bq>. Consulta: mayo 2018.

2.3.4. Amperímetro digital

- Nombre: multímetro industrial Fluke 87V
- Objetivo de medición: realizar mediciones eléctricas y electrónicas de diferentes tipos, como voltaje, amperaje, resistencia, continuidad.
- Descripción general:

Cuando la productividad es un factor de primer orden y necesita solucionar los problemas con rapidez, el modelo Fluke 87V proporciona la precisión y las capacidades de resolución de problemas que necesita. Diseñado específicamente para gestionar señales complejas, el multímetro industrial 87V permite aumentar la productividad acabando con las conjeturas en la solución de problemas de los sistemas motores incluso en ubicaciones ruidosas, de gran altitud y energía.

- Medidas de frecuencia precisas en variadores de velocidad (ASD) gracias al filtro de paso bajo diseñado por Fluke.
- El termómetro integrado permite realizar medidas de temperatura sin un termómetro independiente.
- El pico mín./máx. permite la captura de fenómenos intermitentes de hasta 250 μ S.
- La resolución de pantalla doble (6 000 o 20 000 recuentos) permite ver pequeños cambios en las lecturas mostradas.
- Clasificación de seguridad CAT III 1 000V y CAT IV 600V.

Figura 13. **Amperímetro digital**



Fuente: FLUKE. <https://www.fluke.com/es-gt/producto/comprobacion-electrica/multímetros-digitales/fluke-87v>. Consulta: mayo 2018.

2.4. Consumo de energía eléctrica de equipos en nueva línea de producción

El fenómeno físico llamado energía eléctrica se ha catalogado como la energía causada por el movimiento de cargas positivas y negativas de electrones dentro de materiales conductores que al llegar a un elemento mecánico, lumínico, térmico, electrónico, pueden transformar esta energía en algún tipo de trabajo.

Esta energía ha brindado un gran avance durante muchos años, sobretodo en la industria de la ingeniería, es decir, en toda industria donde se realicen procesos, se tengan procedimientos y equipos para transformar recursos, como materia prima, en productos finales que satisfagan al consumidor.

Por lo que al ser la principal fuente para realizar esta transformación de recursos, la energía eléctrica, se debe analizar y sobre todo cuantificar para así determinar valores con los cuales se puede conocer el costos de energía, así como el requerimiento eléctrico por equipo, según las especificaciones que cada uno de los equipo posea.

La cuantificación y conocimiento de esta variable en los costos de fabricación del producto, es fundamental, ya que este costo de energía comprende un porcentaje considerable de los recursos a utilizar en el proceso de la elaboración del helado en la nueva línea de producción.

En la propuesta de montaje y reacondicionamiento de dicha línea de producción, se determinara un costo de energía, este costo está determinado

con base en especificaciones técnicas de los equipos, así como de manuales que proporcionan algunos proveedores de estos nuevos equipos.

A continuación se detalla el consumo de energía eléctrica, dada en Kw, de los equipos que conforman la nueva línea de producción de helado.

Tabla I. **Consumo de energía eléctrica por equipo**

Núm. de equipo	Nombre del equipo	Consumo (Kw/h)	Horas de uso diario	Energía consumida (Kw/día)
1	Tanques de almacenamiento de acero inoxidable	36,9	11	405,9
2	Mezcladora/dosificadora de sólidos	25,8	10	258
3	Pasteurizador	54,5	6	327
4	Chiller (enfriador)	47,8	11	525,8
5	Homogenizadora	51,4	11	565,4
6	Banda transportadora	27,3	11	300,3
7	Llenadora/etiquetadora automática	39,7	11	436,7
Total consumo energético diario				2 819,1

Fuente: elaboración propia.

Según los datos de la tabla 1, se puede observar que el consumo energético que tendrá la nueva línea de producción es aproximadamente de 2 819,1 Kw/día. Por lo que se considera realizar un estudio general sobre este

consumo para así brindar recomendaciones que tengan por objetivo minimizar el valor en el consumo energético de la nueva línea de producción.

2.5. Estudio de ahorro energético en la nueva línea de producción

De acuerdo a los datos obtenidos de los equipos que conformarán la línea de producción de helado, se ha estimado un consumo aproximado de energía, que luego de analizar se presenta una serie de recomendaciones que serán un factor para minimizar estos costos, es decir, generar un ahorro energético en los costos de energía eléctrica en la planta de *Glad*, S.A.

Para esto, se debe tomar en cuenta los cálculos de la tabla 1, ya que presentará un dato con el cual se puede determinar posteriormente el ahorro que se propone.

Las recomendaciones que se proponen para que exista un ahorro en el costo de energía eléctrica y un correcto funcionamiento energético son:

- Colocar un contador individual para la nueva línea de producción de helado.
- Colocar un tablero principal para la línea de producción de helado.
- Instalar un protector contra picos de voltajes principal para la nueva línea de producción de helado.
- Realizar las instalaciones de las líneas de 220 - 380 voltios en los tableros con las herramientas adecuadas, y con personal capacitado para dichas actividades.

- En las instalaciones de los tableros se deberán balancear las cargas de los equipos a instalar, es decir, en la placa del tablero deberá existir un balance para evitar calentamientos en el cableado, picos de voltajes, pérdidas de energía, mal uso de los equipos, daños a los equipos, así como a los recursos energéticos de la empresa, y por ende aumento en el costo de mantenimiento y costos de fabricación.
- Se debe verificar que las instalaciones eléctricas estén correctamente fijadas, es decir, que no exista holgura alguna en los tornillos o placas de sujeción de cableado.
- Evitar los empalmes en toda instalación eléctrica.
- Colocar grasa antisarro en todas las uniones o tornillos de placas de sujeción de cableado, para evitar la formación de sarro en dichas uniones.
- Realizar mantenimiento respectivo a los tableros y cajas de *breakers*, así como al tablero de protección para picos de voltaje.
- Hacer inspecciones de consumo de corriente, junto con los datos de la factura.
- Realizar las actividades de monitoreo para la nueva línea de producción.
- Mejorar el factor de potencia de 0,78 a 0,9
- Revisión de facturas emitidas por EEGSA.

- Colocar luminaria tipo led ahorradora en toda la nave industrial.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Plan de ruta de monitoreo de línea de producción de helado

La línea de producción conformada por los equipos y las instalaciones correspondientes tendrán la ubicación adecuada para que el personal pueda hacer la respectiva inspección y revisión de los equipos, esto conformara el monitoreo de la respectiva línea de producción de helado. Para realizar este monitoreo se utilizará los instrumentos y equipo propuestos anteriormente, sin embargo, también es necesario establecer una ruta para realizar dicho monitoreo.

La ruta que se establece, se propone con base en las actividades que se realizan según los objetivos de medición de cada uno de los equipos e instrumentos de monitoreo. Por lo que a continuación se detallan de manera general las actividades con sus respectivos equipos o instrumentos.

Tabla II. **Actividades según equipos**

Núm.	Equipo o instrumento	Actividades de monitoreo
1	Termómetro infrarrojo digital	Temperatura de motores
		Temperatura de cajas reductoras de motores
		Temperatura de tubería eléctrica
		Temperatura de cajas de <i>breakers</i>
		Temperatura de depósitos de aceite de equipos
		Temperatura de cojinetes
2	Cámara termográfica	Termografía de los motores
		Termografía de las cajas reductoras

Continuación de la tabla II.

		Termografía de depósitos de aceite de equipos
3	Cámara de inspección	Introducir cámara dentro de tuberías mayores a 1'
		Tomar fotografías del interior de tanques de acero inoxidable.
4	Amperímetro digital	Medición de líneas eléctricas, verificando que estén brindando el voltaje adecuado.
		Tomar medición de amperaje que consumen los equipos
		Medición de voltaje de instalaciones eléctricas de equipos
5	Equipo e instalaciones generales de línea	Revisión de conexiones instalaciones eléctricas.
		Inspección de fugas en las instalaciones hidráulicas, mecánicas, neumáticas.
		Revisión de anclajes en superficie.

Fuente: elaboración propia.


Estas actividades que se realizarán en el monitoreo de los equipos de la línea de producción serán vitales para generar la cultura del mantenimiento preventivo, incluso pueden llegar a influir para implementar una cultura de mantenimiento predictivo. Por lo que el departamento de mantenimiento será el encargado de asignar estas actividades al personal calificado y capacitado.

Los resultados que se esperan obtener con esta ruta de monitoreo y las actividades que se realizarán en cada equipo o instrumento, son el tener datos que arrojen prevenciones en la línea, es decir, que estos datos puedan prevenir situaciones de fallas o emergencias en los equipos, por lo que se debe establecer una periodicidad para realizar este monitoreo.

La periodicidad en la toma de estos datos en las actividades descritas será una herramienta para que la jefatura del departamento pueda generar indicadores, en donde podrán conocer el desempeño de los componentes y equipos de la línea, teniendo así registros y documentación para poder actuar antes de las fallas imprevistas.

Como parte de los registros y documentación que conformarán los datos tomados en las rutas de monitoreo se propone el siguiente formato.

Figura 14. **Formato de registro, bitácora de monitoreo**

	BITACORA DE MONITOREO							Versión: 1.1	
								Departamento: Mantenimiento	
	Responsable:							No. De Registro: RG-MT-01	Autorizado: Jefe de Mantenimiento
	Fecha:							Pagina: 1 de 1	Aprobado: Gerente de Planta
Fecha	Codigo Equipo	Equipo	Temperatura	Infrarrojo	Amperaje	Voltaje	Frecuencia	Estado	OBSERVACIONES

Fuente: elaboración propia.

3.2. Línea de producción de helado

En la línea de proceso de helado se encuentra un método de producción semiautomático a lo largo de toda la cadena productiva, contando con equipos y tecnología avanzada para la elaboración de mezclas para helados. Para esta línea productiva se deja de lado la fabricación artesanal y se da paso a la

industrialización, por lo que la intervención del recurso humano es mínima. La materia prima de este proceso es la leche y los cultivos de lactobacilos, siendo ambos productos naturales.

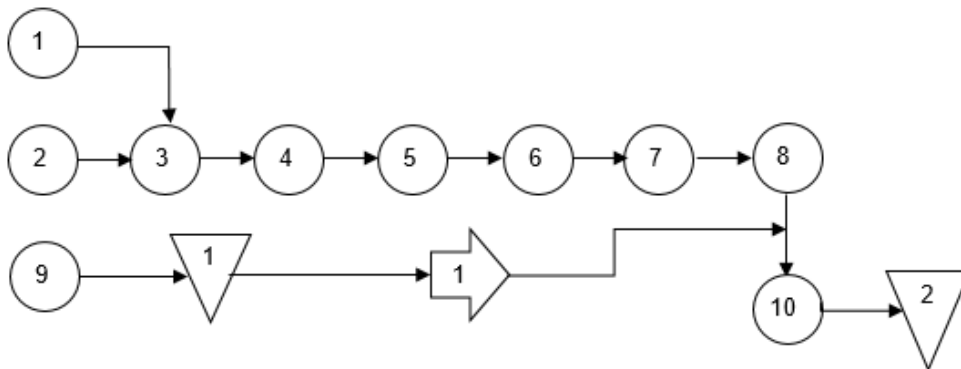
Además, también son parte del producto final todos aquellos insumos utilizados para crear la variedad de sabores para el helado, y para ello se utilizan saborizantes naturales y las jaleas que son producidas también dentro de la empresa, ambos agregados a las mezclas en bajas concentraciones para que el sabor característico del yogurt prevalezca en el producto final.

Se cuenta con un proceso controlado y las condiciones higiénicas respectivas para cuidar la seguridad del alimento.

3.2.1. Diagrama de recorrido de proceso de helado

Para una mejor comprensión sobre el proceso industrial para la elaboración de helado, a continuación, se grafica un diagrama de recorrido.

Figura 15. Diagrama de recorrido de proceso de helado













Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Descripción del recorrido de proceso de helado

De acuerdo al diagrama anterior, figura 8, se dan a conocer las operaciones que corresponde a cada símbolo. Estas descripciones de las operaciones son las siguientes:

Tabla III. Descripción de recorrido de proceso de helado

Línea de producción de Helados			
Simbología	Operación	Simbología	Operación
	Recepción de sólidos Recepción de cultivos lácteos Recepción de saborizante natural		Homogenizado de la mezcla
	Recepción de leche cruda		Recepción de envases
	Formulación de leche cruda		Llenado de envases con la mezcla
	Pasteurización de la leche		Traslado de envases
	Enfriado de la leche		Almacenaje de envases
	Fermentación de la leche		Almacenaje de producto terminado
	Mezclado del helado		

Fuente: elaboración propia.

3.3. Identificación de equipos críticos

Como parte del recorrido de monitoreo, el personal debe conocer los equipos que conforman la línea de producción de helado, por lo que es importante que se determinen los equipos críticos de, es dicha línea.

Para determinar la criticidad de los equipos se debe conocer el término de la palabra criticidad, el cual es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo. Además, se debe familiarizar con los siguientes elementos:

- Instalaciones: analizar las instalaciones con las que cuenta el equipo, es decir, instalaciones eléctricas, hidráulicas, neumáticas, entre otros.
- Sistemas: considerar los sistemas que utiliza o los sistemas con los que opera, como, por ejemplo, si utiliza algún tipo de software, PLC, entre otros.
- Equipos: si el equipo está conformado por otros equipos secundarios, se deben de considerar.

Estos elementos, anteriormente descritos, forman parte de un análisis de criticidad que se realizó, para determinar los equipos críticos de la línea de producción de helado. Sin embargo, existes otros parámetros que en conjunto serán el complemento para dicho análisis, como por ejemplo, la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, daños al personal, impacto ambiental, perdida de producción y daños en la instalación.

Además, este análisis, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz donde se puede detallar y analizar sus elementos y los criterios que se tomarán en cuenta para posteriormente determinar su criticidad.

La matriz tiene un código de colores, además de la palabra, alta, media o baja, que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el valor de criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis. Además, en cada columna de dicha matriz, se observan los parámetros con los que se determina la criticidad al finalizar.

Al ser una línea de producción propuesta, los equipos tendrán datos o valores esperados, es decir, que estos datos utilizados para calcular la criticidad están dados por los proveedores de estos equipos, en donde ellos mismos realizan las pruebas adecuadas y con base a datos y registros proporcionan estos resultados.

Con el fin de analizar y determinar los equipos críticos de la nueva línea de producción, realizamos la siguiente matriz.

Tabla IV. **Matriz de criticidad**

Cantidad	Equipo	Criterios para criticidad				Puntuación	Criticidad
		Costo de mantos	Severidad fallas	Daños al personal	Impacto en producción		
3	Tanque de acero inox.	3	4	2	6	15	Baja
1	Mezcladora/dosificadora	7	6	2	9	24	Media
1	Pasteurizador	8	8	7	10	33	Alta
1	Chiller (enfriador)	6	5	2	5	18	Baja
1	Homogenizadora	5	5	5	9	24	Media
1	Banda transportadora	3	4	2	5	14	Baja
1	Llenadora/etiquetadora automática	7	6	3	9	25	Media

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra los criterios de puntuación y criticidad que se tomaron en cuenta para la tabla IV, para que se pueda comprender como se determinó la criticidad de los equipos de la nueva línea de producción de helado.

Tabla V. **Puntaje de criterios para criticidad**

Puntaje	Bajo	1-4
	Medio	5-7
	Alto	8-10

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Criticidad**

Criticidad	
≤ 17	Baja
18-28	Media
≥ 29	Alta

Fuente: elaboración propia.

Luego de conocer los resultados sobre la criticidad de los equipos de la nueva línea de producción, se puede determinar el nivel de esta criticidad. Por lo que se ha determinado que el sistema o equipo más crítico es el pasteurizador y con una criticidad media tenemos los equipos de: la mezcladora/dosificadora, la homogenizadora y la llenadora/etiquetadora.

Al ser el pasteurizador el equipo crítico de la nueva línea de producción se debe tomar en cuenta los aspectos con los cuales se determinó la criticidad del mismo. Es decir, que no se puede atrasar el mantenimiento programado preventivo de este equipo ya que la severidad de las fallas es alta, además de esto se deben evitar los accidentes laborales con este equipo, ya que al ser un equipo donde se manejan bajas y altas temperaturas, presiones, y demás elementos, puede llegar a causar daños de gravedad en el personal operativo. Así mismo, este equipo es crítico ya que presenta una pérdida determinante en cuanto a la producción si este llega a fallar o bien a presentar una falla por operación, por lo que sus fallas no deben llegar a ser severas.

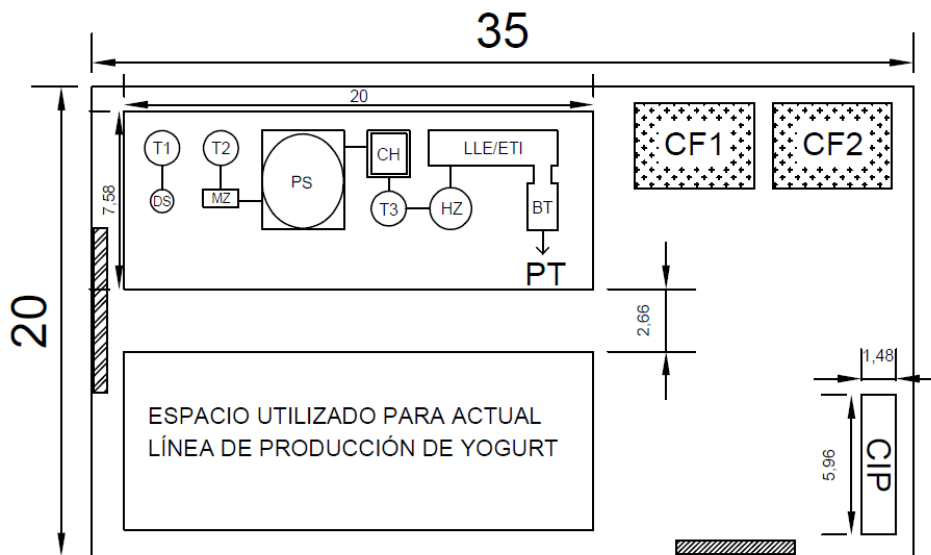
3.4. Propuesta de reacondicionamiento y montaje

Luego de evaluar y analizar la mejor forma de reacondicionar los equipos, se presenta una propuesta para el montaje de la línea de producción y la manera en que estos equipos se pueden distribuir a lo largo del espacio disponible en la nave industrial.

3.4.1. Reacondicionamiento

Para la propuesta del reacondicionamiento de la nueva línea de producción de helado se tomó en cuenta el espacio disponible en la planta de producción, por lo que al tener ya definido este espacio se procede a realizar una recomendación en cuanto a ubicación y acondicionamiento para los equipos.

Figura 16. Propuesta de reacondicionamiento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Donde:

- T1 = tanque de acero inoxidable número 1
- T2 = tanque de acero inoxidable número 2
- T3 = tanque de acero inoxidable número 3
- DS = dosificadora
- MZ = mezcladora
- PS = pasteurizador
- CH = chiller
- HZ = homogenizadora
- LLE/ETI = llenadora/etiquetadora
- BT = banda transportadora
- PT = producto terminado
- CF1 = cuarto frío número 1
- CF2 = cuarto frío número 2
- CIP = sistema de lavado para equipos.

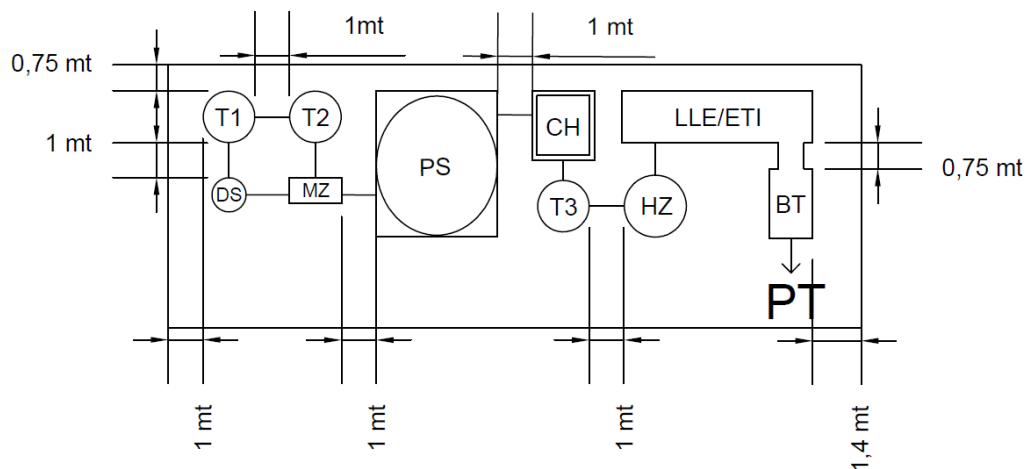
Esta propuesta se ha realizado con base en los sistemas que poseen los equipos, buscando la optimización de recursos no solo productivos, sino también de instalación, es decir, que este reacondicionamiento está enfocado a minimizar la tubería de transporte del producto, reducir el material eléctrico de sus instalaciones en los sistemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos, por ende, reducir su costo de instalación total.

El reacondicionamiento también debe cumplir con cierta ergonomía dentro del área de trabajo, principalmente para los operadores de la nueva línea de producción. Este personal debe tener cierta comodidad física y laboral para poder realizar las tareas que se les asignen sin ningún problema o limitación, teniendo en cuenta que estos operadores deberán realizar las actividades de

mantenimientos preventivos. La ruta o plan de monitoreo está adaptada a esta propuesta de reacondicionamiento, para que se pueda tomar todos los datos necesarios para realizar estas tareas, sin tener algún tipo de obstáculo por parte de los equipos o instalaciones de estos mismos.

Para eso se muestran los espacios que deberán tomarse como recomendaciones, para las instalaciones de los equipos, ya que como mencionamos anteriormente, el personal debe recorrer la línea de una manera cómoda teniendo espacios entre cada equipo de 1 metro, y una separación adecuada de paredes y línea de producción, para atender cualquier actividad correctiva o preventiva en instalaciones hidráulicas, eléctricas, o neumáticas.

Figura 17. **Espacios de reacondicionamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

3.4.2. Montaje

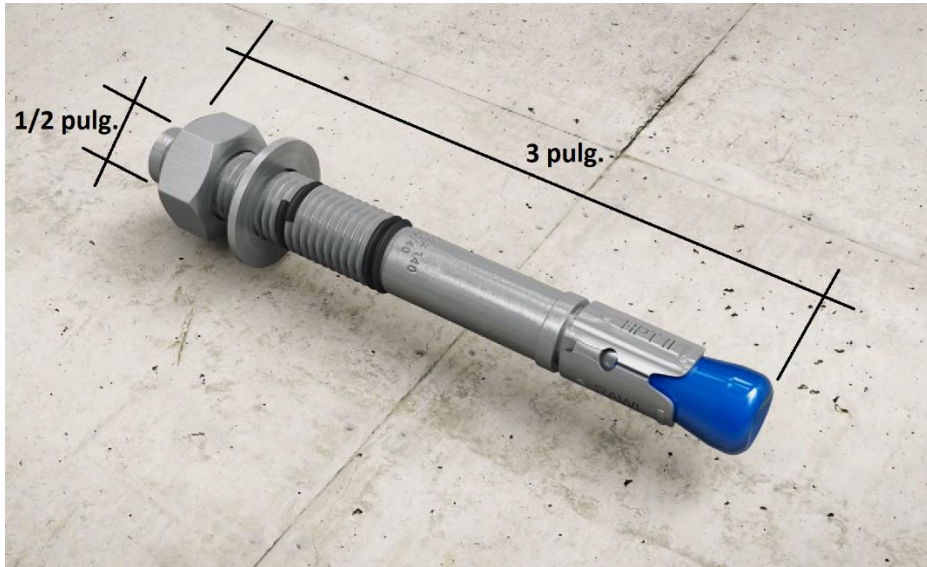
En cuanto al montaje de esta nueva línea de producción, se harán recomendaciones para las cuales se deben tomar en cuenta al momento de anclar y montar los equipos.

Estos equipos que conforman la línea de producción son equipos de fabricados con la tecnología más avanzada dentro del mercado de equipos para la industria alimenticia, por lo que, presentan características tecnológicas en sus materiales de fabricación que en este caso, son aleaciones de acero inoxidable. Este acero inoxidable ha sido procesado específicamente para la fabricación de estos equipos y han logrado minimizar el peso de estos equipos. Esto con el fin de hacer más prácticos los métodos de montaje en la industria alimenticia.

En nuestro caso, al proponer esta nueva línea de producción de helado, se tendrá más practicidad para la siguiente propuesta de montaje de estos equipos. La siguiente información deberá tomarse en cuenta como recomendaciones para el proceso de anclaje de los equipos.

- Para los anclajes se utilizarán tornillos o pernos de anclaje de expansión, con medidas de $\frac{1}{2}$ "Ø x 3" de largo.
- Estos tornillos son de acero inoxidable tipo A4, es decir, acero inoxidable 316. Especiales para evitar la corrosión, pueden ser instalados en ambientes húmedos, o incluso en contacto con el agua.

Figura 18. Tornillo de anclaje



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- El tornillo de anclaje está compuesto por algunas características importantes de mencionar, estas son:

Figura 19. **Características del tornillo de anclaje de expansión**



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Los elementos mecánicos más relevantes que conforman el tornillo de anclaje de expansión se muestran a continuación. Estos elementos hacen que cumplan con su correcto funcionamiento y para los usos que este fue diseñado.

Figura 20. Elementos mecánicos del tornillo de anclaje de expansión



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Se debe barrenar con una broca para concreto de mango cilíndrico, de acuerdo a la medida del diámetro y largo del tornillo de anclaje de expansión, y así alinearlos posteriormente con la placa metálica de la base de cada punto de anclaje del equipo.

Figura 21. **Fijación en anclaje de bases de equipos**



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Luego de barrenar, y colocar el tornillo de anclaje de expansión en el punto de anclaje de la placa, se debe presionar con un martillo hasta la marca de profundidad que facilita la instalación.

Figura 22. **Inserción del tornillo de anclaje de expansión**



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Posteriormente con una llave o una copa, se debe apretar la tuerca y roldana, hasta llegar al punto óptimo de expansión del tornillo de anclaje de expansión.

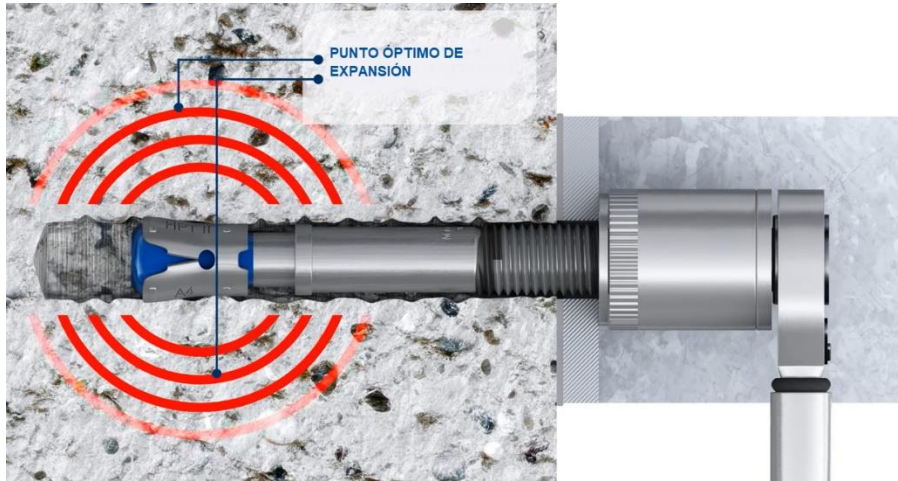
Figura 23. **Colocación del tornillo con copa**



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Se obtendrá una expansión óptima al colocar el tornillo según las indicaciones dadas, mediante una buena instalación e inserción.

Figura 24. **Expansión óptima del tornillo de anclaje**



Fuente: HILTI. https://www.hilti.group/content/dam/documents/pdf/w2/catalogo-venezuela/sistemas_de_anclajes.pdf. Consulta: mayo 2018.

- Los equipos, según proveedores, contienen ya incorporadas las bases para el anclaje, estos pueden ser de bases cilíndricas o rectangulares. Las bases de tipo cilíndrico y rectangular llevan 4 puntos de anclaje y están fabricadas en acero inoxidable, de la siguiente manera.

Figura 25. **Base tipo rectangular de los puntos de anclaje de equipos**



Fuente: GLOBAL SOURCES. <https://spanish.globalsources.com/gsol/l/Handrail-fitting/p/sm/1054001678.htm#1054001678>. Consulta: mayo 2018.

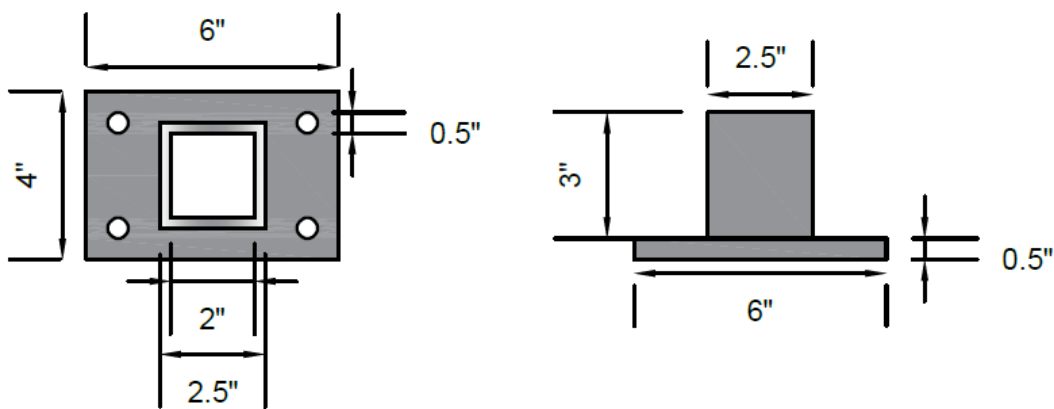
Figura 26. **Base tipo circular de los puntos de anclaje de equipos**



Fuente: GLOBAL SOURCES. <https://spanish.globalsources.com/gsol/l/Handrail-fitting/p/sm/1054001678.htm#1054001678>. Consulta: mayo 2018.

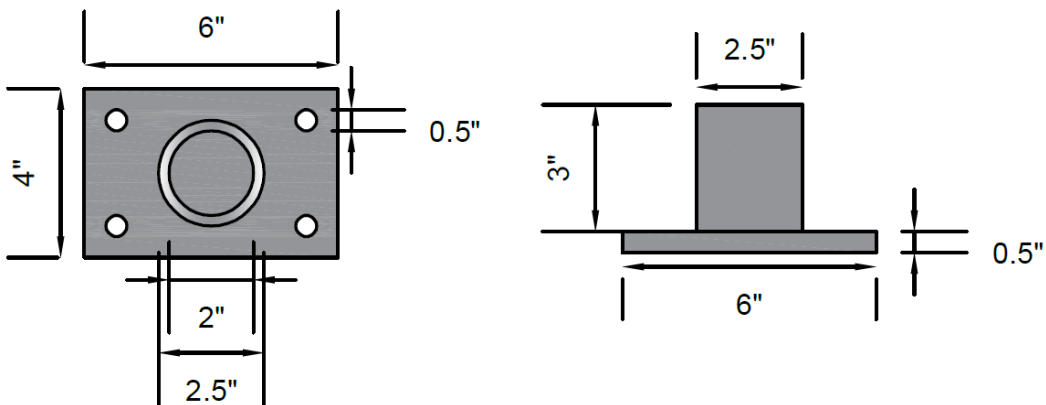
- Las medidas que proporciona el proveedor de estos equipos para las placas de anclaje ya instaladas en los puntos de anclaje de cada equipo son las siguientes.

Figura 27. **Medidas de placa de anclaje tipo rectangular**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 28. **Medidas de placa de anclaje tipo circular**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

CONCLUSIONES

1. Se propuso el debido reacondicionamiento y montaje general para brindar una óptima instalación y disminuir distancias por transporte que generan demoras en procesos, por lo que se mejora la eficiencia de la línea de producción.
2. Se han determinado los equipos con alta criticidad en la línea de producción de helado, este equipo es el sistema de pasteurización, debido al impacto en la producción, su alto costo de mantenimiento y sobretodo la severidad de sus fallas.
3. Las actividades que requieren mayor conocimiento por parte del personal operativo de la línea de producción se determinaron con base en las deficiencias del mismo personal, entre las cuales son: el mantenimiento y sus tipos, así como su bitácora de mantenimiento, conocer el equipo de medición preventiva, y el conocimiento sobre los sistemas hidráulicos, eléctricos y neumáticos. Por lo que al ser actividades importantes se generó el plan de capacitación de dichos conocimientos.
4. Los procesos operativos se mejoran mediante el reacondicionamiento y montaje adecuados, como los tiempos de transporte, y se optimizan recursos mediante reducción de costos de instalación, creando espacios adecuados y ergonómicos para la realización de las actividades preventivas y monitoreos de la nueva línea de producción de helado.

5. El diseño y plan de reacondicionamiento y montaje está bajo especificaciones ya anteriormente establecidas por parte de gerencia general de la empresa *Glad*, S.A., por lo que se identificaron las mejoras pertinentes para aplicar en el reacondicionamiento, y con base a los datos proporcionados por proveedores de equipos se elaboró el montaje mediante placas de anclaje con bases circulares y rectangulares, ancladas por medio de pernos de anclaje de expansión fabricados en acero inoxidable.
6. Se determinó el monitoreo de los equipos de la nueva línea de producción y se generan indicadores gracias a las actividades a realizar en las mediciones preventivas, como lo son: indicadores de temperatura, voltajes, amperajes de operación y fugas en tuberías.
7. Se determinó el plan de capacitaciones mediante el análisis de las deficiencias presentes en los conocimientos actuales, y posteriormente se establecieron los 4 módulos de capacitaciones que se impartieron en 4 días programados junto con gerencia de planta, para así elevar su nivel de conocimientos y generar la cultura de mantenimiento preventivo, aumentando la eficiencia laboral al mismo tiempo.

RECOMENDACIONES

1. Al gerente general, conocer más sobre los equipos con tecnologías avanzadas y automatizados, para en un futuro poder instalar estos equipos para facilitar actividades humanas, como lecturas, procesos, etc.

Autorizar gestiones que ayudaran a la empresa en cuestión de seguridad laboral, motivacional, y productiva, como por ejemplo planes de capacitaciones internas y externas para personal técnico y operativo.

2. Al gerente de planta, implementar de lleno la cultura de seguridad industrial y salud ocupacional en la planta de *Glad*, S.A.

Gestionar capacitaciones internas y externas para todo el personal de la planta, y presentarlas a Gerencia General para su aprobación. Y así generar motivación en los trabajadores de dicha planta y al mismo tiempo incrementar los conocimientos y la calidad del personal.

Consultar e indagar el tipo de suelo que se tiene actualmente en la planta de producción de *Glad*, S.A. ya que se debe asegurar para planes a futuro el aseguramiento de todos los equipos que se encuentran instalados así como los que se planean instalar, a pesar que no presenten mayores esfuerzos hacia los suelos.

Alimentar la cultura de mantenimiento preventivo que se logra con todas las actividades propuestas en el presente proyecto y velar porque se cumplan las mismas.

Tomar como recomendación el realizar análisis energéticos de la planta de producción anuales, para determinar el comportamiento del consumo energético que se tiene en todos sus procesos y líneas productivas.

Implementar sesiones quincenales o mensuales, con el personal operativo para analizar el desempeño laboral y además, el comportamiento operativo de las líneas de producción, así como el desempeño operativo de los equipos en planta.

Asignar un jefe o encargado de línea para tener asignarle las responsabilidades básicas de la línea, y así tener el enlace con los operadores de línea y tener el control de dicha línea.

3. Al jefe de línea, velar porque los operarios de línea realicen las actividades que se les asignen y darles las recomendaciones pertinentes.

Comunicarse constantemente y ser el enlace entre el gerente y los operarios; ya que es indispensable mantener buenas relaciones laborales y personales.

Consultar los planos regularmente y seguirlos fielmente; porque se tienen que reducir y eliminar los errores para obtener resultados óptimos.

4. Al operario de línea, seguir los lineamientos e indicaciones propuestas por gerencia y por el supervisor, respetando las jerarquías internas.

Utilizar el equipo de protección personal e higiene laboral dentro de la planta de producción, ya que se debe proteger al trabajador y mantener la calidad e inocuidad del producto.

Si existen actividades que no se sienten seguros en realizar, deben preguntar en cualquier momento, para evitar errores, accidentes o daños al equipo y al producto.

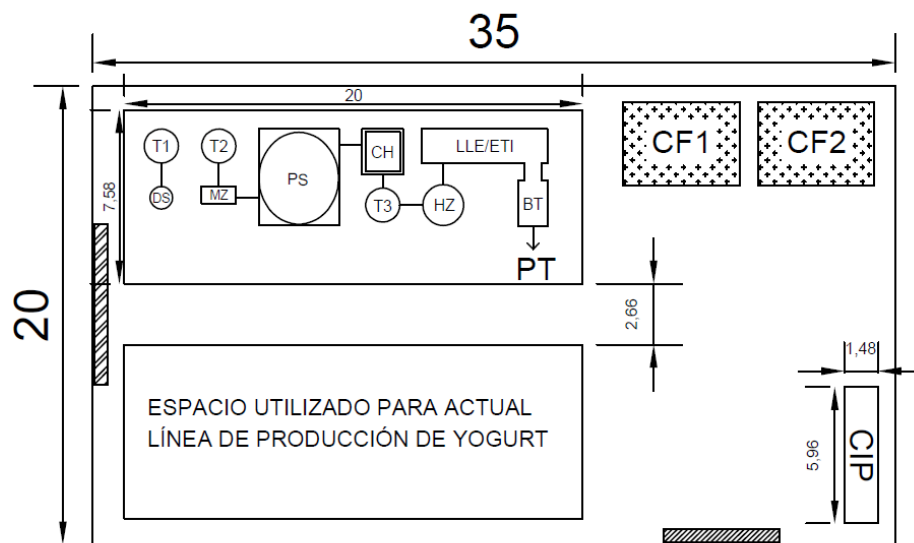
BIBLIOGRAFÍA

1. BENITO, Jesús. y CARRETERO, Justo. *Principios Básicos de Estructuras Metálicas*. Madrid: Collado Villalba. 2010. 206 p.
2. CARDONA, Fabián. *Equipos críticos, semicríticos y no críticos en la compañía*. <<https://prezi.com/7zalxdraxb1f/equipos-criticos-semicriticos-y-no-criticos-en-la-compania/?webgl=0>> [Consulta: enero de 2019].
3. GARCÍA, Tomás. *Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón*. <<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>> [consulta: enero de 2019].
4. GÓMEZ, Iván. *Introducción al Mantenimiento Estratégico*. 1a ed. Colombia. 2006. 120 p.
5. HILTI Corporación, *Manual Técnico de Anclaje*. México, 2016. 43 p.
6. HILTI. *Sistemas de anclaje post instalados. Manual Técnico de Anclaje 2015*. <https://www.hilti.cl/medias/sys_master/documents/hba/9183526977566/Informacion_tecnica_ASSET_DOC_LOC_5591124.pdf> [consulta: enero de 2019.]

7. Ingeniería de confiabilidad. *El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional.* <<https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>> [Consulta: enero de 2019].
8. MONROY, Fredy. *Folleto de montaje y mantenimiento.* Guatemala, 2000. USAC. 57 p.
9. PROTUBSA. *Especialista en tubos y barras de acero.* <<http://www.protubsa.com/tubos-y-barras-de-acero/descargade-catalogos-y-utilidades/>> [consulta: enero de 2019.]
10. ROSALES, Robert. *Manual del Ingeniero de Planta.* Ed. McGraw-Hill. México, 1998. 499 p.
11. RUANO, Jorge. *Guía práctica de termografía para el curso de montaje y mantenimiento de equipo.* <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0474_M.pdf> [consulta: enero de 2019.]
12. SUMANTH, David. *Administración para la productividad total.* 1a ed. México: Editorial CECSA. 220 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Ubicación de equipos propuesta de reacondicionamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

ANEXOS

Anexo 1. Serie galvánica de metales y aleaciones

Extremo corroído (anódico, o menos noble)
Magnesio
Aleaciones de magnesio
Zinc
Aluminio 1100
Cadmio
Aluminio 2024-T4
Acero o hierro
Hierro fundido
Cromo-hierro (activo)
Hierro fundido resistente al Ni
Tipo 304 inoxidable (activo)
Tipo 316 inoxidable (activo)
Soldaduras de plomo y estaño
Plomo
Estaño
Níquel (activo)
Aleación níquel Inconel-cromo (activo)
Aleación C Hastelloy (activo)
Latones
Cobre
Bronces
Aleaciones cobre-níquel
Aleación níquel-cobre Monel
Soldadura de plata
Níquel (pasivo)
Aleación níquel Inconel-cromo (pasivo)
Cromo-hierro (pasivo)
Tipo 304 inoxidable (pasivo)
Tipo 316 inoxidable (pasivo)
Aleación C Hastelloy (pasivo)
Plata
Titanio
Grafito
Oro
Platino
Extremo protegido (catódico, o más noble)

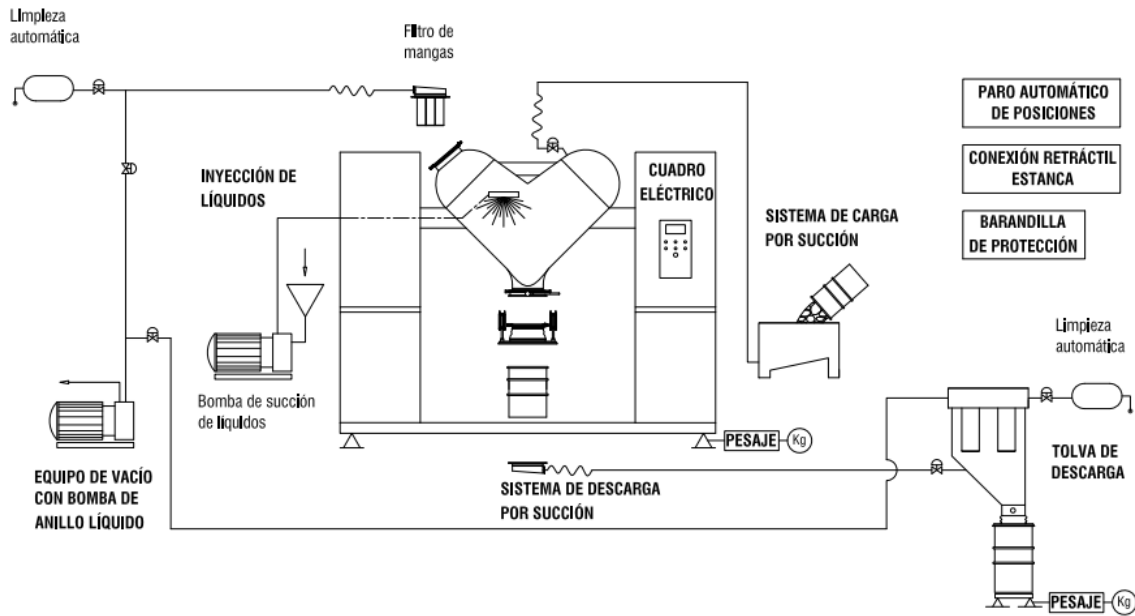
Fuente: Manual Técnico de Anclajes 2015.

Anexo 2. Vida útil del zinc

Atmósfera	Tasa de corrosión promedio
Industrial	5.6 $\mu\text{m/año}$
Urbana no industrial o marina	1.5 $\mu\text{m/año}$
Suburbana	1.3 $\mu\text{m/año}$
Rural	0.8 $\mu\text{m/año}$
Interiores	Considerablemente menor a 0.5 $\mu\text{m/año}$

Fuente: ASTM B633 Apéndice XI. Vida útil del zinc.

Anexo 3. Circuito de dosificadora en V



Fuente: INOXPA. <https://www.inoxpa.com/products/product/v-type-solids-blender>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 4. Lubricantes generales

 Foodmax®	ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	Lubricante Base	Hidráulico	Engranaje	Cadena	compresor	Bomba de vacío	Transportador en seco	Transmisor de calor	NSF/InS aprobaciones
Foodmax® Basic 15	15	14-18	>100	-9	180									H1, HX1, 3H
Foodmax® Basic 32	32	27-33	>100	-9	190									H1, HX1, 3H
Foodmax® Basic 68	68	60-70	>100	-6	210									H1, HX1, 3H

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 5. Lubricantes hidráulicos

 Foodmax®	ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	Lubricante Base	Hidráulico	Engranaje	Cadena	compresor	Bomba de vacío	Transportador en seco	Transmisor de calor	NSF/InS aprobaciones
Foodmax® AW 22	22	19-24	105	-24	165									H1
Foodmax® AW 32	32	29-35	105	-24	170									H1
Foodmax® AW 46	46	41-50	105	-21	180									H1
Foodmax® AW 68	68	61-74	105	-21	200									H1
Foodmax® AW 100	100	90-110	100	-21	215									H1
Foodmax® AW PAO 22	22	22	127	< -60	200									H1
Foodmax® AW PAO 32	32	31,3	141	< -60	222									H1
Foodmax® AW PAO 46	46	48,1	143	< -57	248									H1
Foodmax® AW PAO 68	68	68	140	< -58	258									H1
Foodmax® AW PAO 100	100	101	144	< -55	268									H1

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 6. Lubricantes para cajas o engranajes

Foodmax®	ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	aceite lubricante	Lubricante Base	Hidráulico	Engranaje	Cadena	compresor	Bomba de vacío	NSF/InS aprobaciones	Temp.			Carga	
														Alta	Media	Baja	Alta	Media
Foodmax® Gear 68	68	66	130	-12	206								H1					
Foodmax® Gear 100	100	90-110	116	-12	220								H1					
Foodmax® Gear 150	150	135-165	113	-12	253								H1					
Foodmax® Gear 220	220	198-242	116	-12	254								H1					
Foodmax® Gear 320	320	288-352	118	-12	256								H1					
Foodmax® Gear 460	460	414-506	121	-18	230								H1					
Foodmax® Gear PAO 150	150	149	136	-35	275								H1					
Foodmax® Gear PAO 220	220	218	135	-35	280								H1					
Foodmax® Gear PAO 320	320	322	134	-30	280								H1					
Foodmax® Gear PAO 460	460	485	133	-30	280								H1					
Foodmax® Gear PAO 680	680	682	136	-30	282								H1					
Foodmax® Gear PAO 1000	1000	998	138	-28	284								H1					
Foodmax® Gear PAG 220	220	198-242	> 210	< -35	> 240								H1					
Foodmax® Gear PAG 320	320	288-352	> 220	< -35	> 240								H1					
Foodmax® Gear PAG 460	460	414-506	> 230	< -30	> 245								H1					

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 7. Lubricantes para compresores o bombas de vacío

Foodmax®	ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	aceite lubricante	Lubricante Base	Hidráulico	Engranaje	Cadena	compresor	Bomba de vacío	NSF/InS aprobaciones	Temp.			Carga	
														Alta	Media	Baja	Alta	Media
Foodmax® Air 32	32	38,2	115	-39	222								H1					
Foodmax® Air 46	46	46,8	106	-35	229								H1					
Foodmax® Air 68	68	67,5	107	-30	240								H1					
Foodmax® Air 100	100	101	107	-25	265								H1					
Foodmax® Air 150	150	149,1	123	-15	269								H1					
Foodmax® Air PAO 46	46	46	> 130	-25	150								H1					
Foodmax® Air PAO 68	68	68	> 130	-30	150								H1					
Foodmax® Air PAO 100	100	100	> 130	-30	150								H1					

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 8. Lubricantes para cadenas y bandas transportadoras

Foodmax® Chain	Rangos de temperatura °C							ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	Viscosidad cinemática 100 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	Prueba de desgaste 4-bolas	
	-45	-30	-15	0	50	100	150							250	Soldadura de carga, kg
Foodmax® Chain 68								68	66	9,8	130	-12	206	160	
Foodmax® Chain 150								150	135-165	16,5	120	-18	> 230	160	
Foodmax® Chain 220								220	198-242	22,2	118	-12	> 240	160	

Foodmax® Chain	Rangos de temperatura °C							ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	Viscosidad cinemática 100 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	Prueba de desgaste 4-bolas	
	-45	-30	-15	0	50	100	150							250	Soldadura de carga, kg
Foodmax® Chain LT								-	15	-	> 140	-45	150	200	0,45
Foodmax® Chain HT								325	325	-	> 140	-30	> 300	200	0,45
Foodmax® Chain HT-X								-	150	-	> 140	-22	> 300	> 200	0,35

Foodmax® Chain	Rangos de temperatura °C							ISO VG	Viscosidad cinemática 40 °C	Viscosidad cinemática 100 °C	VI	Punto de congelación °C	Punto de inflamación °C	Prueba de desgaste 4-bolas	
	-45	-30	-15	0	50	100	150							250	Soldadura de carga, kg
Foodmax® Mammot Oil 25								25	25	-	-	-20	> 100	-	


Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 9. Clasificación de la rigidez de la grasa

NLGI: Clasificación de la rigidez de la grasa.		
Tipo NLGI	Grado de penetración	Consistencia general
000	445-475	Líquido
00	400-430	Ligeramente líquido
0	355-385	Semilíquido
1	310-340	Muyblando
2	265-295	Blando
3	220-250	Semi sólido
4	175-205	Sólido
5	130-160	Muy Sólido
6	085-110	Consistente

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.

Anexo 10. Tabla de grasas

Foodmax® 	Tipo de grasa		Comportamiento frente a agentes físicos						Comportamiento frente a agentes químicos						Aplicación										
	Adherencia	Aceite base	Cargas			Vibraciones	Velocidad			Agua fría	Agua caliente	Agua salada	vapor de agua	Alcali	Ácido	hidrocarburos	Rodamientos	Cojines deslizantes	Transmisiones abiertas	transmisiones cerradas	Cadenas & articulaciones	Válvulas y grifos	Guías de deslizamiento	Juntas y juntas selladoras	Cables
			Baja	Media	Alta		Baja	Media	Alta																
Product			Lubricante sólido																						
Foodmax® Grease ALU M	AC	SS																							
Foodmax® Grease ASP	AC	SS																							
Foodmax® Grease CAS M 2	Cas	SS																							
Foodmax® Grease CAS S LS	Cas	S																							
Foodmax® Grease CAS S 2 HS	Cas	S																							
Foodmax® Grease Clear	I	SS																							
Foodmax® Grease Inor 3-H	I	SS																							
Foodmax® Grease TF-S	I	S	P																						
Foodmax® Grease Fluor HT	PTFE	Pe	P																						
Foodmax® Grease SI	I	SI																							
Foodmax® Assembly Paste	PTFE	SS	P																						

CA = Complejo Aluminico, Ca = Calcio, Cas = Sulfato de calcio, SS = Semisintético, S = Sintético, SI = Silicona, Pe = Perfluorados, P = PTFE (Teflón), I = Inorgánico, X = Como un antigripante

Fuente: FOODMAX. <https://www.smeerservice.nl/uploads/10/Foodmax%20-%20version%203.3%20%28LR%29.pdf>. Consulta: mayo 2018.