



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES
3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE
UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS**

Ing. Victor Elí Chen Urizar

Asesorado por la Mtra. Inga. Carmen Juan Andrés

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES
3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE
UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. VICTOR ELÍ CHEN URIZAR

ASESORADO POR LA MTRA. INGA. CARMEN JUAN ANDRÈS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Hugo Leonel Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES
3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE
UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de agosto de 2020.

Ing. Victor Elì Chen Urizar



DTG. 568.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES 3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS**, presentado por el **Ingeniero Victor Elí Chen Urizar**, estudiante de la **Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento**, 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, octubre de 2021.

AACE/cc



Guatemala, octubre de 2021

LNG.EEP.OI.0064.2021

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES 3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS”

presentado por **Victor Elí Chen Urizar** quien se identifica con carné **200718235** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Ingeniería de mantenimiento** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**



Guatemala 24 de Junio 2021.

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **Trabajo de Graduación** titulado: **“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES 3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS”** del estudiante **Ing. Víctor Elí Chen Urizar** quien se identifica con número de carné **200718235** del programa de **Maestría en Ingeniería de Mantenimiento**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

Mtra. Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinadora
Maestría en Ingeniería de Mantenimiento
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala 15 de octubre 2020

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación titulado: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO DE LA MÁQUINA DCGF SERIES 3-IN-1, UTILIZADA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LLENADO DE ENVASE PET, DE UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS GASEOSAS" del estudiante Ing. Víctor Elí Chen Urizar quien se identifica con número de carné 200718235 del programa de Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Atentamente,

Mtra. Inga. Carmen Juan Andrés

No. de Colegiado Activo 5,946

Asesora

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

La fuente de sabiduría.

Mi abuela

Paula González. Dios te tenga en su gloria.

Mi esposa

Gabriela Argueta por el amor y apoyo incondicional en todo este proceso de formación, gracias por darle sentido a todo lo que hago.

Mis hijos

Gabriel, Javier y Adrián Chen, mi inspiración de lograr lo propuesto.

AGRADECIMIENTOS A:

**Gloriosa Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Mi única alma mater en la enseñanza académica superior, orgullo para toda mi vida.

Mi familia

Mi esposa Gabriela Argueta por esos desvelos, el cafecito, las alegrías juntos, también unas cuantas peleas las cuales siempre son de reflexión para mí y, sobre todo, su amor; mi mamá Alba Urizar por esa preocupación en cada viaje; mi papá Víctor Chen por esas pláticas de motivación y temas de enseñanza-aprendizaje y mi suegra Haydeé Girón por un apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XV
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Embotelladora de bebidas gaseosas	1
1.1.1. Definición de bebida gaseosa.....	1
1.1.2. Equipos necesarios en una embotelladora.....	2
1.1.3. Botellas utilizadas para el llenado.....	2
1.1.3.1. Botellas de vidrio	3
1.1.3.2. Botellas PET	3
1.2. Fases de producción	3
1.2.1. Mezclado de ingredientes	4
1.2.2. Tratamiento de agua.....	4
1.2.3. Carbonatación	4
1.2.4. Lavado de botellas y taponado	5
1.2.5. Empaque	5
1.2.6. Sistemas de control	5
1.3. Mantenimiento en la industria alimenticia	6

1.3.1.	Mantenimiento preventivo	6
1.3.2.	Máquina conjunta lavadora, llenadora y taponadora	6
1.3.2.1.	Propiedades	7
1.3.2.2.	Estructura	8
1.3.2.3.	Funcionamiento.....	8
1.3.3.	Mantenimiento sanitario	9
1.3.4.	Ecuación del diseño y mantenimiento sanitario..	9
1.4.	Inocuidad de alimentos	10
1.4.1.	Contaminación de alimentos	10
1.4.1.1.	Contaminación biológica	10
1.4.1.2.	Contaminación química	11
1.4.1.3.	Contaminación física	11
1.4.2.	Superficies.....	11
1.4.2.1.	Superficies de contacto directo	11
1.4.2.2.	Superficies de contacto Indirecto ..	12
1.5.	Norma FSSC 22000:2018	12
1.5.1.	Principios de la Norma FSSC 22000:2018	12
1.5.2.	Gestión del mantenimiento según FSSC 22000	13
1.5.3.	Análisis microbiológico	14
1.5.4.	Selección del método de muestreo	14
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.	Información de la empresa	17
2.1.1.	Misión de la empresa	17
2.1.2.	Visión de la empresa	18
2.2.	Diagnóstico situacional de la empresa	18
2.2.1.	Selección de la herramienta	19

2.2.2.	Diagnóstico según instrumento Kaizen de empresa.....	22
2.2.3.	Diagnóstico según instrumento Lean Six Sigma de la empresa.....	23
2.3.	Análisis de máquina DCGF SERIES 3-IN-1	27
2.4.	Identificación de parámetros asépticos	28
2.5.	Medición de criterios o rangos de aceptación.....	29
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	31
3.1.	Matriz de criticidad de superficies de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1	31
3.2.	Descripción de las superficies o componentes críticos	33
3.2.1.	Discos trasportadores.....	33
3.2.2.	Sujetadores de lavadora.....	34
3.2.3.	Válvulas de llenado.....	34
3.3.	Parámetros asépticos.....	35
3.4.	Muestreo y variable a manipular.....	37
3.5.	Resultados de laboratorio.....	41
3.6.	Propuesta del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1	44
3.6.1.	Responsable del plan	45
3.6.2.	Instructivo de mantenimiento preventivo inocuo	45
3.6.2.1.	Propósito.....	46
3.6.2.2.	Alcance.....	46
3.6.2.3.	Política.....	46
3.6.2.4.	Distribución del instructivo	47
3.6.2.5.	Personal del mantenimiento preventivo inocuo.....	47

3.6.2.6.	Generación de orden de mantenimiento inocuo preventivo durante el año	48
3.6.2.7.	Herramientas de mantenimiento ...	49
3.6.2.8.	Materiales de lubricación.....	50
3.6.2.9.	Materiales de limpieza.....	52
3.6.2.10.	Equipo de protección personal	54
3.6.2.11.	Ubicación del equipo y zonas de mantenimiento inocuo	54
3.6.2.12.	Procedimiento de actividades de mantenimiento preventivo inocuo ..	55
3.6.3.	Procedimiento de limpieza	66
3.6.4.	Procedimiento de sanitización	66
3.6.5.	Frecuencias establecidas	67
3.7.	Beneficios de un plan de mantenimiento preventivo inocuo.....	67
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
4.1.	Descripción de resultados	69
4.2.	Análisis interno	71
4.3.	Análisis externo	72
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS	79
	ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de Pareto de selección de herramienta de diagnóstico	.21
2.	Datos históricos referentes a inocuidad de superficies	.....26
3.	Diagrama causa- efecto	.....27
4.	Máquina DCGF SERIES 3-IN-1	.....28
5.	Gráfica de barras de superficies críticas	.....32
6.	Ranuras de discos transportadores	.....33
7.	Sujetadores de lavadora	.....34
8.	Válvulas de llenado	.....35
9.	Letras código para el tamaño de la muestra (MIL STD 105E)	.....39
10.	Tabla para inspección severa: muestreo simple (MIL STD 105E)	.39
11.	Gráfica rangos de límites permitidos	.....43
12.	Propiedades físicas y químicas de la grasa TECH GREASE FG 251	
13.	Datos Técnicos de la grasa Interflon Grease MP2/3	.....52
14.	Composición química de solución desinfectante (Alox Ultra)	.....53
15.	Vista de la máquina DCGF series 3-IN-1	.....54
16.	Desmontaje de discos transportadores	.....57
17.	Extracción engranaje de eje principal	.....57
18.	Extracción de eje principal	.....58
19.	Puntas luego del afilamiento	.....59
20.	Tornillos laterales de resorte	.....60
21.	Pin y bisagra de sujetadores	.....61
22.	Posición para desmontaje y montaje de válvulas	.....62
23.	Componentes de válvula	.....62

24.	Empaque de base de válvula.....	63
25.	Empaque de punta de válvula	63
26.	Empaque tipo campana	64
27.	Resorte y oring de válvula	65
28.	Perímetro de empaque de entrada de válvula	65

TABLAS

I.	Propiedades de la máquina DCGF 3-IN-1	7
II.	Métodos de muestreo	15
III.	Criterios de aceptabilidad de herramienta de diagnóstico	20
IV.	Escala de evaluación numérica	20
V.	Porcentaje acumulado	21
VI.	Resultado de diagnóstico según instrumento Kaizen	23
VII.	Diagrama (SICOP) Lean Six Sigma.....	25
VIII.	Matriz de criticidad de superficies	31
IX.	Parámetros a muestrear según superficie	36
X.	Criterios de aceptación normados	37
XI.	Concentración de la solución desinfectante.....	40
XII.	Muestreo al azar simple.....	40
XIII.	Análisis microbiológico.....	42
XIV.	Criterios microbiológicos para evaluar cumplimiento de requisitos de calidad	44
XV.	Plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1	45
XVI.	Orden de mantenimiento preventivo inocuo	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
B	Botellas
B/H	Botellas/Hora
kg	Kilogramos
kW	Kilowatts
L	Litros
mm	Milímetros
%	Porcentaje

GLOSARIO

APPCC	Análisis de peligros y puntos críticos de control.
Aséptico	Que está libre de suciedad y gérmenes que puedan producir enfermedades.
Bebida	Cualquier líquido que se ingiere y aunque la bebida por excelencia es el agua, el término se refiere por antonomasia a las bebidas alcohólicas y las bebidas gaseosas.
CIP	<i>Clearing in place</i> (Limpieza en su lugar).
FDA	Food and Drug Administration (Administración de medicamentos y alimentos).
FDMS	Función del diseño del mantenimiento sanitario.
Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.
FSSC	Food Safety Management Certification Scheme (Esquema de certificación de gestión de la seguridad alimentaria).

Gaseosa	Bebida refrescante y efervescente elaborada con agua, ácido carbónico y azúcar.
Hisopado	Es un procedimiento de lavado con torunda (hisopado) de un área conocida de la superficie a investigar, limitada por una plantilla. Los microorganismos recogidos por la torunda se recuperan en un volumen conocido de líquido con el que se realiza el recuento bacteriano.
Inocuidad	Es el concepto que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor.
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).
Máquina	Objeto fabricado y compuesto por un conjunto de piezas ajustadas entre sí que se usa para facilitar o realizar un trabajo determinado, generalmente transformando una forma de energía en movimiento o trabajo.
Microbiología	Es la ciencia encargada del estudio de los microorganismos, seres vivos pequeños, también conocidos como microbios. Se dedica a estudiar los organismos que son sólo visibles a través del

microscopio: organismos procariotas y eucariotas simples.

OMS

Organización Mundial de la Salud.

PCC

Punto crítico de control.

PET

Polyethylene terephthalate.

PET

Polietilentereftalato es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol.

RTC

Reglamento Técnico Centroamericano.

S.A.

Sociedad Anónima.

UFC

Unidades formadoras de colonias.

RESUMEN

La industria de producción de bebidas gaseosas, como toda industria de alimentos, se caracteriza por utilizar maquinaria y equipo industrial con diseño sanitario el cual debe ser controlado constantemente con criterios microbiológicos establecidos por alguna normativa nacional e internacional. El mantenimiento preventivo en este equipo es necesario para que funcionen de forma adecuada y respondan a los criterios de aceptabilidad inocua.

Por lo anterior, este trabajo de investigación ofrece resultados precisos de la relación del mantenimiento preventivo y el establecimiento de procesos de limpieza y sanitización en la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, equipo conjunto de lavado, llenado y taponado en la cual se establecen 3 componentes sujetos a un plan de mantenimiento inocuo, estos son las válvulas de llenado, los sujetadores de lavado de botellas y los discos transportadores ya que estos componentes tiene contacto directo con la bebida a producir.

Para llevar el control y validar este tipo de procesos se aplica un parámetro microbiológico denominado análisis de coliformes totales los cuales establecen un criterio de rangos de aceptación. Este debe ser totalmente ausente o menor a 10 UFC por superficie analizada. Las 13 muestras analizadas aplicando el procedimiento propuesto por la norma Military Standard 105E (MIL STD 105E) en el plan de mantenimiento preventivo inocuo dieron un resultado menor a 10 UFC por lo que, según la tabla de análisis de calidad para criterios microbiológicos, se encuentra en un rango denominado aceptable.

por tal motivo, el beneficio de la propuesta de este plan fue la validez de sus procedimientos, por lo que la empresa puede catalogarlo como un procedimiento operativo estándar de sanitización (POES) validado sujeto a constantes controles de análisis microbiológicos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

Para el embotellado de bebidas gaseosas se cuenta con el equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora de botellas DGF SERIES 3-IN-1, denominado como punto crítico por el sistema de calidad e inocuidad por lo que debe estar siempre limpio y sanitizado. El problema surge porque dada la robustez del equipo, el mantenimiento preventivo se lleva a cabo *in-situ*. Esto genera residuos que producen contaminación física o microbiológica. Esto afecta al personal de mantenimiento porque no cuenta con un procedimiento de mantenimiento preventivo enfocado en inocuidad, el cual es característico de la industria de alimentos.

- Descripción del problema

En el procesamiento de alimentos o bebidas existe maquinaria crítica que influye en la calidad, inocuidad y legalidad de la producción de alimentos, tales como equipos de refrigeración, de bombeo, empaque y maquinaria de proceso. Por esta razón, estos deben ser de un material fácil de limpiar y contar con un programa de mantenimiento acorde a la producción de alimentos (De la Cruz, 2014).

ISO (2018) establece que todo personal que manipule superficies que entran en contacto directo e indirecto con la producción de alimentos o bebidas, debe velar porque sean inocuas. En la línea de producción de bebidas gaseosas de la planta en análisis, el personal de mantenimiento de maquinaria es importante para que la producción sea continua y en volúmenes elevados, por lo

que realiza constantes mantenimientos para mantener el equipo: lavadora, llenadora y taponadora ajustado y en óptimas condiciones de trabajo.

Proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en inocuidad para el equipo, que incluye lavadora, llenadora y taponadora utilizado en la producción de bebidas gaseosas requiere agregar procedimientos enfocados en limpieza y sanitización característicos para el equipo y tipo de proceso que debe realizar el personal de mantenimiento, tomando en consideración criterios de aceptabilidad de inocuidad de superficies.

- Delimitación del problema

La propuesta se enfoca en el plan de mantenimiento preventivo del equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora de botellas DGF SERIES 3-IN-1 de una planta de producción de bebidas carbonatadas la cual se encuentra ubicada en el altiplano del país de Guatemala.

- Formulación de preguntas orientadoras

A continuación, se da a conocer la pregunta principal y las preguntas auxiliares que orientan la propuesta de investigación a los beneficios que conllevan el realizarla, de esta manera se podrán plantear objetivos claros que indiquen la ruta a seguir para resolver la problemática.

- Pregunta central

¿Cómo un plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 utilizada en la línea de llenado de envase PET en una

embotelladora de bebidas gaseosas mejora la credibilidad al proceso de producción inocuo?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuáles son los parámetros de control aséptico en superficies a reducir en la máquina DGF SERIES 3-IN-1?
 - ¿Cuáles son los criterios para proponer característicos de la industria de alimentos y bebidas para que la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 sea considerada inocua después del mantenimiento preventivo realizado?
 - ¿Qué beneficios tiene contar con un plan de mantenimiento preventivo asociado con procedimientos de inocuidad dirigido a la máquina DCGF SERIES 3-IN-1?

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF Series 3-IN-1, utilizada en la línea de producción de llenado de envase PET de una embotelladora de bebidas gaseosas.

Específicos

- Identificar los parámetros de control aséptico en superficies a reducir en la máquina DGF SERIES 3-IN-1.
- Analizar los criterios de aceptación característicos de la industria de alimentos y bebidas para que la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 sea considerada inocua después del mantenimiento preventivo.
- Determinar los beneficios que tiene contar con un plan de mantenimiento preventivo asociado con procedimientos de inocuidad dirigido a la máquina DCGF SERIES 3-IN-1.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la investigación es de carácter mixto, debido a que se utilizaron variables cualitativas, como el tipo de superficies, tipos de solución desinfectante y variables de tipo cuantitativo como los límites microbiológicos. El diseño de la investigación fue experimental porque se realizaron pruebas de análisis de laboratorio microbiológico, recopilando toda la información en la unidad de análisis correspondiente con un alcance de la investigación de tipo descriptivo. Ya que se describieron los procedimientos adecuados de inocuidad que se adaptaron al plan de mantenimiento preventivo.

Se describieron tres variables de investigación: concentración de solución desinfectante, superficies y límites microbiológicos. Para analizarlas se plantearon cuatro fases: la primera fase se fundamentó en elegir la adecuada descripción de conocimientos teóricos sobre conceptos de mantenimiento industrial relacionado con la industria de alimentos, inocuidad de alimentos y análisis microbiológicos. En esta fase se investigó con especialistas y expertos qué lecturas analizar. De esta manera se contó con una guía que validó la investigación.

En la fase dos se llevó a cabo una descripción de criticidad de las superficies con respecto a la inocuidad de alimentos. Aquí se desarrolló la propuesta de mantenimiento preventivo inocuo. Con base en este resultado se programó el mantenimiento preventivo para dichos componentes y se estableció el muestreo de superficies por medio de la técnica hisopado de superficies, que lo realizó el personal de un laboratorio externo contratado.

En la fase tres se llevó a cabo un trabajo de escritorio correspondiente a la tabulación de datos relacionados con los análisis microbiológicos llevados a cabo y se elaboró el gráfico de control detallando límites permisibles de acuerdo con la guía técnica peruana de análisis microbiológico de superficies de Perú avalada por el acuerdo ministerial No. 461-2007 de dicho país, para luego concretizar en la propuesta del plan.

En la fase cuatro se describió el beneficio. Para ello, se llevó a cabo un análisis de la mayoría de factores de la propuesta donde existió un beneficio. Además, se tabuló la información en una lista de chequeo donde se detalló el beneficio principal.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo constituye una sistematización al mantenimiento preventivo en el equipo conjunto: lavadora, llenadora y taponadora. Su importancia radica en generar lineamientos para el personal de mantenimiento, los materiales que se utilizaron y su validación de acuerdo con un análisis microbiológico. De esta manera se observaron el comportamiento de los límites permisibles de los microorganismos aceptables de criterios de inocuidad.

El embotellado de bebidas gaseosas, actualmente, enfrenta problemas. Cuenta con un equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora de botellas DGF SERIES 3-IN-1, denominado punto crítico por el sistema de calidad e inocuidad. Por ello, debe estar siempre limpio y sanitizado. Sin embargo, lo robusto del equipo obliga a que el mantenimiento preventivo se realice *in-situ*. Esto genera residuos que contaminan física o microbiológicamente el ambiente donde se desempeña personal de mantenimiento, que no cuenta con un procedimiento de mantenimiento preventivo enfocado en inocuidad, el cual es característico de la industria de alimentos.

Para la solución se propuso un plan mantenimiento preventivo enfocado en la inocuidad o mantenimiento sanitario del equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora de botellas DGF SERIES 3-IN-1 propiciando de esta manera un ambiente de manufactura en condiciones sanitarias iniciales apropiadas y condiciones óptimas operacionales.

El aporte es un documento científico de beneficio para: investigadores, gerentes de mantenimiento, estudiantes de nivel superior que estén relacionados

a la industria de alimentos y bebidas, para la solución de problemas referentes a procedimientos operativos maquinaria grado alimenticio que satisfagan los criterios establecidos por alguna norma alimenticia.

El resultado fue un documento detallado del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, utilizada en la línea de producción de llenado de envase PET, en una embotelladora de bebidas gaseosas que es útil y aplicable según los requerimientos establecidos para una planta de alimentos y bebidas.

El esquema de solución propuso analizar la máquina desde el punto de vista de un objetivo de análisis, hasta encontrar los componentes y elementos de la misma a estos elementos se les aplicó un análisis de superficies para determinar la criticidad de las mismas con respecto a inocuidad o estado aséptico luego de llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo inocuo propuesto.

La investigación fue factible en función de las actividades realizadas, ya que se pudieron llevar a cabo 16 análisis de laboratorio.

En el capítulo I se detalla el marco teórico, fundamentado en la descripción de conocimientos teóricos sobre conceptos de mantenimiento industrial relacionado a la industria de alimentos, inocuidad de alimentos y análisis microbiológicos.

En el capítulo II, se presenta el desarrollo de la investigación el cual abarca 5 puntos esenciales de cómo fue realizada la investigación los cuales fueron; obtener la información principal de la empresa, diagnóstico situacional sobre un mantenimiento inocuo, caracterizar la unidad de análisis, identificación parámetros asepticos, establecimiento de criterios o rangos de aceptación.

En el capítulo III, se presentan los resultados la cual determino una matriz de criticidad de superficies dando como resultado 3 componentes de la máquina sujetos a un mantenimiento preventivo inocuo se presenta la descripción de estos componentes, la investigación del parámetro a utilizar, los criterios de aceptabilidad dados en unidades formadoras de colonias UFC determinando que las superficies en análisis se encuentran en el rango, se presenta el plan y el beneficio obtenido enfocado específicamente en la validación de dicho plan.

En el capítulo IV, se realiza una discusión de resultados, a partir de tres aspectos: descripción de los resultados, análisis interno y análisis externo de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

La propuesta del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, utilizada en la línea de producción de llenado de envase PET, en una embotelladora de bebidas gaseosas como trabajo de investigación se fundamenta en la descripción de conocimientos teóricos sobre conceptos de mantenimiento industrial relacionado a la industria de alimentos, inocuidad de alimentos y análisis microbiológicos.

1.1. Embotelladora de bebidas gaseosas

Para analizar una moderna planta de producción de refrescos hay que comprender que es sistema sumamente mecanizado, inmaculadamente limpio e inocuo, del procesamiento de alimentos, la elaboración de refrescos es un proceso mecánico complejo que requiere de maquinaria especial que trabaja a la mayor velocidad posible las líneas de embotellado abarcan un rendimiento desde 125 botellas por minuto a 1200 o más.

1.1.1. Definición de bebida gaseosa

Para la FDA una bebida con gas estable es una bebida preparada a la cual es necesario mezclar diferentes aditivos, como edulcorantes, saborizantes, controladores de pH, entre otros, con agua tratada o purificada, apta para el consumo humano, la cual es sometida a cierta temperatura de enfriamiento y cierta atmosfera de presión para que pueda el gas carbónico adherirse a la mezcla ya mencionada y de esta forma contar con una bebida terminada, clasificada como bebida carbonatada. (Desrosier, 1987)

1.1.2. Equipos necesarios en una embotelladora

Lista del equipo necesario con que debe contar una embotelladora de bebidas gaseosas:

- Bombas de agua
- Tanques de recepción de agua
- Equipo de filtración y purificación de agua
- Tubería de acero inoxidable
- Tanques de jarabe de acero inoxidable
- Lavadora
- Llenadora
- Taponadora
- Mezclador
- Carbonatador
- Sistema de frío
- Caldera
- Tanque de dióxido de carbono
- Bandas transportadoras
- Empacadora
- Condensadores de agua
- Compresores de aire

1.1.3. Botellas utilizadas para el llenado

Para llenar el líquido en una embotelladora se utilizan dos tipos de envase los cuales son de material de vidrio y PET.

1.1.3.1. Botellas de vidrio

Según Camelo (2009) Estas se elaboran en un horno que funde el vidrio, después, la cantidad exacta de masa de vidrio caliente para elaborar una botella es liberada una tras otra, en un resbaladero que la coloca en un primer molde donde se le da la preforma del modelo final, luego esa pieza se pasa a otro molde donde la máquina sopla a presión dando la forma final para después pasar por un proceso de recogimiento con lo que se le da mayor resistencia al vidrio. (p.53)

1.1.3.2. Botellas PET

El PET, cuyo nombre técnico es polietileno tereftálico fue patentado por J. R. Whinfield y J.T. Dickinson en 1941. Luego, en el año 1951 comenzó la producción en grandes cantidades. A partir de esa fecha, las plantas productoras de PET generan ganancias económicas excelentes que posibilitan mejorar la tecnología de producción para obtener mejores rendimientos.

A partir del año de 1976, la producción de botellas desarrolló tecnología para hacer más ligeras las botellas. Para ello, utilizaron menos materia prima para su elaboración sin perder las propiedades características correspondientes a un envase.

1.2. Fases de producción

En la actualidad, las fábricas o plantas de producción de bebidas gaseosas cuentan con las siguientes áreas de trabajo: mezclado de los ingredientes, tratamiento de agua, carbonatación, lavado de botellas, llenado y taponado de botellas, empaque y sistemas de control.

1.2.1. Mezclado de ingredientes

Según Woodroof y Phillips (1981) en su libro *Bebidas: carbonatadas y no carbonatadas* indica que el mezclado de ingredientes se refiere a la preparación de una mezcla denominada jarabe simple y jarabe terminado el cual debe estar a una concentración de grados Brix de 62 a 63 grados Brix. Esto se lleva a cabo disolviendo azúcar en los tanques de cocimiento elaborados de acero inoxidable es ahí donde también se hace la respectiva formulación agregando los diferentes aditivos naturales o químicos.

1.2.2. Tratamiento de agua

Se refiere al sistema de filtración y mecanismo de desinfección de entes microbianos utilizado para mejorar las propiedades del agua obtenida para la producción de bebidas carbonatadas, esto abarca la utilización de tanques sedimentadores, carbón activado, arenas filtrantes, filtros pulidores, rayos ultravioletas, cloración del agua y en algunas plantas la utilización de osmosis inversa. (Desrosier, 1987)

1.2.3. Carbonatación

La carbonatación de una bebida gasificada consiste en la disolución del gas carbónico, en la mezcla del agua con los aditivos, para que esto suceda es necesario a nivel industrial la utilización de equipos de carbonatación que someten a determinada temperatura de enfriamiento, presión y eliminación del aire del agua para que pueda penetrar el gas carbónico en ese espacio y de esta manera obtener la bebida final con el burbujeo y características organolépticas de una gaseosa. (Carballo y CIA. S.A., 1986)

1.2.4. Lavado de botellas y taponado

Este se da en el caso de utilización de botellas de vidrio retornables y no retornables deben limpiarse perfectamente y desinfectarse antes del llenado las botellas se lavan remojándolas y lavándolas a presión con una solución de sosa cáustica seguida por un cepillado perfecto por dentro y por fuera. Luego, se enjuagan cuidadosamente con agua potable antes de llenarlas. En el caso de la utilización de botellas PET únicamente se lleva a cabo el enjuague mencionado. Por último, se coloca la respectiva tapa a presión según graduación establecida o con la técnica del enroscado con su torque correspondiente.

1.2.5. Empaque

Es la fase de producción en la línea de bebidas carbonatados donde se colocan las botellas ya sea de vidrio o PET en recipientes plásticos característico de la industria de bebidas de 24 unidades o en bandejas según lo requerido por estudios en el mercado donde se realiza la distribución de venta.

1.2.6. Sistemas de control

Los sistemas de control en una fábrica de refrescos requieren del conocimiento de los principios de ingeniería mecánica o del mantenimiento, aplicando estos conceptos a la construcción de la planta, la instalación adecuada y el mantenimiento de la maquinaria para embotellado. Sin una base sólida de estos conceptos, no se consigue tener un flujo libre de los productos a través de la planta, esto puede dar lugar a una cantidad innecesaria de trabajo que incrementa los costos de producción.

1.3. Mantenimiento en la industria alimenticia

Desde el punto de vista de una planta de producción de alimentos se puede definir mantenimiento como cualquier actividad ejecutada en un activo fijo para asegurar que el activo fijo siga desempeñando sus funciones intencionadas. Esto requiere de una actitud proactiva, también incluye la reparación del activo fijo, es decir, una respuesta reactiva. El mantenimiento preserva la función del activo fijo para evitar fallas. Entre estas destacan las fallas de seguridad o inocuidad de los alimentos, las cuales pueden causar una adulteración del alimento y la falla del equipo. Con ello, el personal arriesga su integridad física y el equipo puede sufrir desperfectos en su sistema operativo. Los resultados finales son pérdida de producto, bajas eficiencias y costos de reparación más altos y falla no-operacional que puede resultar en costos adicionales de reparación.

1.3.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se clasifica como el reemplazo de piezas o revisión general del equipo después de un tiempo definido. Para llevarlo a cabo es necesario que el equipo no esté en operación. Su meta es reducir el tiempo de inactividad y averías, evitar paros de equipo por fallas en consumibles, extender la vida del equipo o sistema. Esta actividad debe planificarse prepararse cuidadosamente, por lo que es necesario conocer la probabilidad de que falle el equipo para restaurar la fiabilidad original.

1.3.2. Máquina conjunta lavadora, llenadora y taponadora

Este grupo de máquinas tiene funciones integradas de lavado, limpieza, llenado y taponado. Es una de las instalaciones de producción de bebidas gaseosas más ideales en la actualidad en China, es una prioridad de productos

de empresas de producción de bebidas a pequeña y mediana escala, estas son sus características:

- Alcance de capacidad de botellas de PET: 0.25-2L
- Diámetro de las botellas: 50-108 mm
- Altura de las botellas: 180-330 mm
- Diámetro exterior de las cubiertas de PET: 29-31 mm
- Altura de las cubiertas de PET: 16-20 mm
- Artículos de relleno: bebidas gaseosas, vino, etc. 7)

1.3.2.1. Propiedades

A continuación, se presentan las propiedades de tres modelos distintos:

Tabla I. Propiedades de la máquina DCGF 3-IN-1

No.	propiedad	cantidad
1	Cabezales de llenado	24
2	Cabezales de lavado	24
3	Cabezas de taponado	8
4	Capacidad de producción (0.5L / B)	6000-8000 B/H
5	Temperatura de llenado	3-5 grados centígrados
6	Presión de llenado (Mpa)	0.20-0.50
7	Tolerancia de llenado (según el estándar internacional)	2-3%
8	Potencia del motor principal (KW)	5.50
9	Dimensión (mm)	3300x2200*2200
10	Peso (Kg)	4500

Fuente: Zhangjijaganbaiiong Han Dong Machinery CO. (2008). *Manual de operación máquina DCGF series 3-in-1.*

1.3.2.2. Estructura

Todas las partes correspondientes al lavado, llenado y taponado de la máquina las cuales tienen contacto con el líquido a embotellar están hechas de acero inoxidable.

1.3.2.3. Funcionamiento

Es una máquina automática de embotellado de bebidas gaseosas en PET. La constituye un monobloque de llenado 3 en 1 de la serie DCGF está compuesto por enjuagadora, llenadora y taponadora, que adopta y absorbe tecnología avanzada y se fabrica de acuerdo con los requisitos técnicos de producción de bebidas gaseosas. Utiliza el método de llenado de presión de equilibrio con proceso de vacío y función de limpieza CIP.

Tiene una entrada y salida de la botella la cual se introduce desde el lado izquierdo para luego taponarlas por medio de enroscado, después del lavado y la limpieza, el llenado, el recubrimiento y la salida desde el lado derecho.

La dirección de rotación de lavado, limpieza, llenado, y recubrimiento en sentido horario (visto desde arriba). Se aplica un tornillo irregular para realizar el transporte sincrónico de botellas, el posicionamiento del cuello de la botella colgante es fácil, conveniente y ahorra tiempo respecto a cambiar el tipo de botellas.

El enroscado de la cubierta aplica un tipo de torque de fuerza magnética, el torque es ajustable para garantizar que la calidad del atornillado de la cubierta pueda ser estable y confiable y cuenta con un relé de bola flotante en el cilindro de líquido el cual controla automáticamente la altura del líquido, se puede usar

junto con la máquina mezcladora externa para garantizar la estabilidad de la calidad de llenado.

1.3.3. Mantenimiento sanitario

Son criterios aplicados a los programas y actividades de mantenimiento y reparación de instalación y equipos con la finalidad de mantener el ambiente de manufactura en condiciones sanitarias iniciales apropiadas y en condiciones óptimas operacionales asegurando que todo cambio significativo cumpla con los criterios de diseño sanitario.

1.3.4. Ecuación del diseño y mantenimiento sanitario

Es la justificación financiera para llevar a cabo un mantenimiento sanitario dada por la razón establecida por la sumatoria de todas las inversiones, como compra, instalación, pruebas, capacitación entre otras sobre la sumatoria de conservaciones tales como la limpieza, sanitización y el mantenimiento denominado FDMS la cual tiene que ser de tendencia al incremento dentro de la mejora continua.

$$FDMS = \frac{\sum \text{de inversiones } (X1 + X2 + X3 + \dots + Xn)}{\sum \text{de conservaciones } (xL + xM)}$$

Donde:

las inversiones:

X1 = compra

X2 = instalación

X3 = pruebas

X4 = capacitación

Las conservaciones:

xL = limpieza

xM = mantenimiento

Xn = otros

1.4. Inocuidad de alimentos

Se define como la protección de los alimentos contra una contaminación accidental no intencional; Los alimentos son la fuente principal de exposición a agentes patógenos, tanto químicos como biológicos (virus, parásitos y bacterias) a los cuales nadie es inmune, ni en los países en desarrollo ni en los desarrollados. La preservación de alimentos inocuos implica la adopción de metodologías que permitan identificar y evaluar los potenciales peligros de contaminación de los alimentos en el lugar que se producen o se consumen, así como la posibilidad de medir que una enfermedad transmitida por un alimento contaminado puede causar a la salud humana (OMS, 2003, párr. 29).

1.4.1. Contaminación de alimentos

“Diferentes agentes que pueden estar presentes en los alimentos y producir enfermedad en las personas, estos incluyen agentes biológicos, químicos y físicos” (OMS, 2003, párr. 27).

1.4.1.1. Contaminación biológica

“Es la contaminación en los alimentos causada por agentes microorganismos infecciosos como: bacterias, virus, hongos y parásitos” (OMS, 2003, párr. 28).

1.4.1.2. Contaminación química

“Es la contaminación en los alimentos causada por agentes químicos como los pesticidas y metales pesados como mercurio y plomo, entre otros”. (OMS, 2003, párr. 30)

1.4.1.3. Contaminación física

“Contaminación de los alimentos causada por agentes físicos como piedras, plásticos, vidrio o madera”. (OMS, 2003, párr. 31)

1.4.2. Superficies

Según el concepto Limpieza el cual estipula la acción de eliminar de una superficie las suciedades como los restos de alimentos, grasa, polvo, tierra o residuos de sustancias utilizadas en una actividad determinada, con su realización se elimina una importante participación de agentes contaminantes y facilita el efecto de los desinfectantes, puede determinarse superficie como la parte de un equipo o utensilio que sea utilizado en la producción de alimentos pudiendo entrar en contacto directo e indirecto con dicho alimento (Ortiz, 2012, p.5).

1.4.2.1. Superficies de contacto directo

“Son las superficies interiores de toda la maquinaria que está en contacto directo con el flujo del alimento de un proceso y es importante tener en cuenta las normas de seguridad de manipulación de la maquinaria y la logística de frecuencias de sanitización” (UNE, 2019, p.2).

1.4.2.2. Superficies de contacto Indirecto

“Son las superficies exteriores e interiores de toda la maquinaria y equipo que no tienen contacto directo con los alimentos en su procesamiento y es importante limpiarlas y sanitizarlas” (UNE, 2019, p.2).

1.5. Norma FSSC 22000:2018

Esta es una certificación aplicable a industrias de producción de alimentos y bebidas, desarrollada con el fin de mantener una gestión de los riesgos de inocuidad de cualquier industria de la cadena alimentaria.

La certificación FSSC 22000 se utiliza mundialmente para garantizar la seguridad alimentaria y es avalada por la Iniciativa Mundial de Seguridad Alimentaria -GFSI- (siglas del nombre en inglés) y por la cooperación europea para su acreditación, EA. (ISO, 2018)

La fundación para la certificación de seguridad alimentaria es una organización de carácter independiente, sin incidencias o tendencias de lucro sobre las empresas. (ICONTEC, 2011)

1.5.1. Principios de la Norma FSSC 22000:2018

La Norma FSSC 22000:2018 se basa en la ISO 22000 la cual abarca conceptos generales sobre programas prerrequisito para la implementación de un programa de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control -HACCP- (siglas del nombre en inglés), el cual considera un análisis de posibles puntos críticos de contaminación los cuales deben ser el enfoque para llevar a cabo medidas

que garanticen la no contaminación de los alimentos y de esta manera contar con alimentos denominados inocuos. (Orellana, 2013)

1.5.2. Gestión del mantenimiento según FSSC 22000

Según los requisitos de la norma FSSC 22000:2018 en uno de sus ítems de cumplimiento establece que todos los equipos o maquinaria utilizados en la producción de alimentos deben presentar las siguientes características:

- Los equipos deben construirse de materiales resistentes.
- El equipo debe tener un diseño higiénico.
- Los conductos y tuberías deben permitir una adecuada limpieza y secado, sin puntos muertos.
- El equipo debe estar diseñado para minimizar el contacto entre las manos del operario y el producto.
- Las superficies donde se lleva a cabo la manipulación del alimento deben estar construidas de materiales normados para la producción de alimentos.
- El equipo debe permitir mantener el control y monitorización de las temperaturas cuando aplique.
- Deben existir procedimientos documentados para las operaciones de limpieza (seca y húmeda). Los programas de limpieza deben definir qué es lo que se debe limpiar, el responsable, el método, requerimientos de enjuague y métodos para verificar la efectividad de las operaciones de limpieza. (ISO, 2018)
- Debe existir un programa de mantenimiento preventivo.
- Las actividades de mantenimiento correctivo deben realizarse de tal manera que las actividades de producción cercanas o los equipos no corran el riesgo de contaminarse.

- Los lubricantes y fluidos de transferencia térmica deben ser de grado alimentario.
- El procedimiento para la liberación de los equipos del mantenimiento a producción debe incluir operaciones de limpieza e inspecciones antes de su uso.
- Deben existir programas de prerequisites específicos para el área de mantenimiento y las actividades de mantenimiento en áreas de procesado.
- El personal de mantenimiento debe estar formado en los riesgos, para el producto asociado a sus actividades. clasificar los procesos de corrosión recurriendo a distintos criterios.

1.5.3. Análisis microbiológico

Según la definición es un procedimiento que se sigue para determinar la presencia, identificación y cantidad de microorganismos patógenos en indicadores de contaminación en una muestra de superficies inertes las cuales son todas las partes externas e internas de los utensilios que están en contacto con los alimentos por ejemplo equipos utilizados en una línea de producción (OMS, 2003, párr. 3).

1.5.4. Selección del método de muestreo

La selección del método de muestreo debe estar en función de la característica de la superficie a muestrear tal como se observa en la tabla. II.

Tabla II. **Métodos de muestreo**

Método de muestreo	Superficies a muestrear
Método del hisopado	Se utiliza superficies inertes regulares e irregulares, tales como tabla de picar, bandejas, mesas de trabajo, utensillios, cuchillas de equipos, cortadora de embutidos, cortadora de pan de molde, fajas transportadoras, tolvas, mezcladoras, pisos, paredes y otros.
Método de la esponja	El método de la esponja se utiliza preferentemente para muestrear superficies de mayor área.
Método del enjuague	Se utiliza para superficies vivas (manos) y para objetos pequeños o para el muestreo de superficies interiores de envase, botellas, bolsas de plástico, etc.

Fuente: Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. (2007). *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contactos con alimentos y bebidas.*

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan los 5 puntos esenciales de cómo fue realizada la investigación los cuales fueron: obtener la información principal de la empresa, diagnóstico situacional sobre un mantenimiento inocuo, caracterizar la unidad de análisis, identificación parámetros asépticos, establecimiento de criterios o rangos de aceptación.

2.1. Información de la empresa

La empresa se encuentra en el altiplano de Guatemala y su mercado local abarca varios departamentos de esa región. El cinco por ciento de su producción se exporta a los Estados Unidos de Norteamérica.

La empresa inició la producción de bebidas gaseosas en el año de 1926 y, hasta la fecha, el consumidor final reconoce sus bebidas son reconocidas y las califica como de alta calidad. Su línea de valor abarca las bodegas de recepción de materia prima, planta de producción, bodega de producto terminado y vehículos para la distribución de las bebidas.

2.1.1. Misión de la empresa

“Consolidar nuestra posición como fabricante de bebidas en el mercado nacional e internacional mediante un crecimiento sostenible basado en el desarrollo de marcas y sabores innovadores y de alta calidad.” (Fábrica de bebidas carbonatadas, 2009, p.7).

2.1.2. Visión de la empresa

“Ser la empresa líder de bebidas 100 % guatemalteca que transmite agradables sensaciones a través de sus marcas y sabores inigualables” (Fábrica de bebidas carbonatadas, 2009, p.7).

2.2. Diagnóstico situacional de la empresa

Este diagnóstico centra su atención en la planta de producción donde se encuentran las dos líneas de producción de bebidas gaseosas.

El diagnóstico de mantenimiento preventivo inocuo incluye componentes específicos para la producción de los sabores de bebidas, como el diseño interior de las instalaciones de proceso y, sobre todo, la maquinaria y equipo industrial utilizados.

El diagnóstico en mención se basó en una herramienta de ingeniería industrial, para un mayor soporte científico y credibilidad. También consideró que la sanitización de instalaciones de proceso, maquinaria y equipo industrial es un sistema que genera entradas y salidas, no solo contempla la asignación de llevar a cabo tareas de limpieza y sanitización en lugares determinados. Lo anterior se debe tomar en cuenta para el plan de mantenimiento preventivo inocuo.

Se detalla la metodología de la selección de la herramienta de ingeniería industrial a utilizar para la elaboración del diagnóstico y la aplicación de la metodología de la herramienta para generar el diagnóstico actual.

Es importante mencionar que dicho diagnóstico se llevó a cabo para que se cumpla con el objetivo principal de toda planta procesadora de bebidas gaseosas el cual es garantizar la inocuidad de todos sus productos finales.

2.2.1. Selección de la herramienta

Se propusieron 4 herramientas de ingeniería industrial para seleccionar la más adecuada por medio de los criterios de aceptación de la herramienta. A continuación, se mencionan.

- Aplicabilidad: si se adapta al diagnóstico enfocado a un plan de mantenimiento preventivo inocuo según el proceso de producción de bebidas gaseosas.
- Simplicidad: facilidad de aplicación de la herramienta.
- Impacto: los resultados que se esperan obtener por parte de la herramienta.
- Plazo: tiempo de trabajo disponible para aplicar la herramienta de diagnóstico.

Se analizaron los criterios de mayor importancia según bibliografía consultada para la selección de herramientas de ingeniería. La importancia de los criterios se definió de acuerdo con la necesidad de la empresa. En la tabla III se ilustra lo anotado. Esta valoración, posteriormente, se aplicó al análisis de ponderación cuantitativo para seleccionar correctamente la herramienta de mejora industrial por utilizar.

Tabla III. **Criterios de aceptabilidad de herramienta de diagnóstico**

Criterios	Peso en %	Razón
Aplicabilidad	35	Es necesario que se adapte al proceso.
Impacto	35	Es necesario obtener buenos resultados.
Facilidad	20	Puede ser de fácil o compleja utilización, pero tiene que ser aplicable y de alto impacto
Tiempo	10	El departamento de calidad lo quiere implementar (tiempo necesario).

Fuente: elaboración propia.

Luego, se definió la escala numérica de evaluación de los criterios de aceptación; considerando una escala de 1 a 10. A continuación, a cada criterio, se le coloco teóricamente tres valores bajo, medio y alto. Al valor 1 se le consideró de menor importancia, 5 el valor de mediana importancia y 10 el valor de alta importancia, como se observa en la tabla IV.

Tabla IV. **Escala de evaluación numérica**

Valor de Importancia (NI)	Criterio de aplicabilidad (CA)	Criterio de facilidad (CF)	Criterio de impacto (CI)	Criterio de tiempo (CT)
1	no aplica	dificultad alta	nulo	largo
5	aplicación media	dificultad media	poco	mediano
10	aplica	dificultad baja	gradual	corto

Fuente: elaboración propia.

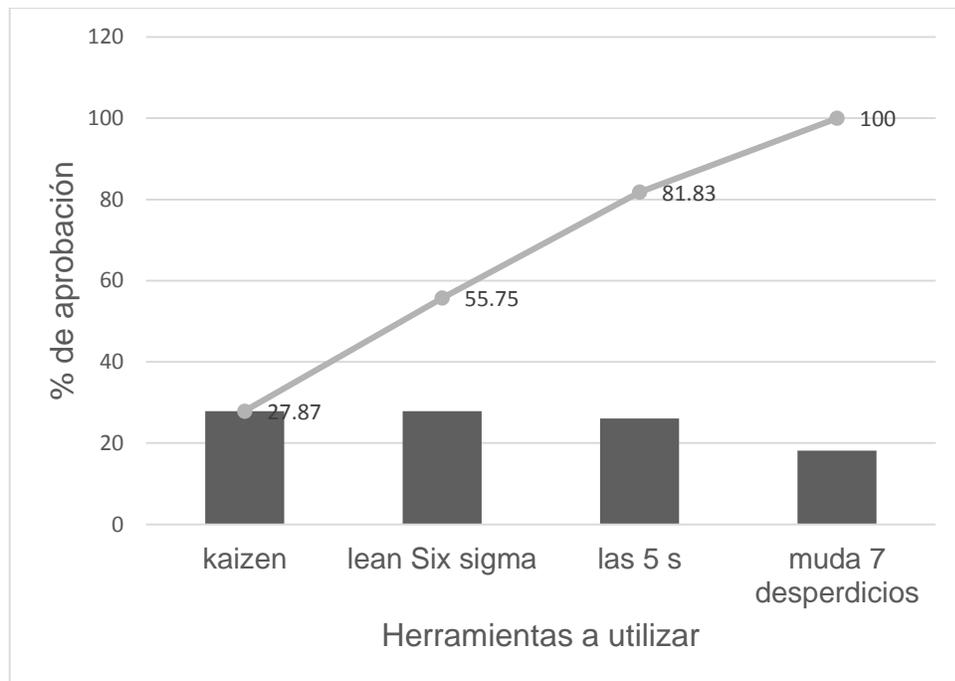
Esta información fundamentó la etapa de campo donde se llenó el formato que se detalla en el anexo 1. El resultado favoreció la utilización de la herramienta de instrumento Kaisen y lean Six Sigma según el análisis de Pareto obtenido a través de la tabla V. Ver figura 1.

Tabla V. **Porcentaje acumulado**

Herramienta		%	% Acumulado
Kaizen	7.75	27.87	27.87
Lean Six sigma	7.75	27.87	55.75
Las 5 s	7.25	26.07	81.83
Muda 7 desperdicios	5.05	18.16	100
Total	27.80	100	

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. **Diagrama de Pareto de selección de herramienta de diagnóstico**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Diagnóstico según instrumento Kaizen de empresa

Según las variables de implicación analizadas por el instrumento kaizen para la planta de producción las cuales son:

- Inocuidad: cumplir con las especificaciones de sanidad de superficies estipuladas por el estándar de certificación en inocuidad de alimentos FSSC 22000.
- Tiempo: determina la cantidad de horas asignadas para la ejecución de un plan de mantenimiento inocuo por parte del personal, tomando en cuenta la disponibilidad de la producción, evitando las desviaciones del proceso de elaboración de bebidas gaseosas.
- Seguridad: cumplir con los lineamientos de seguridad industrial con el fin de obtener cero accidentes.
- Costo: se genera la suma de los costos hora hombre y todos los insumos requeridos para la sanitización, que van desde el agua, energía, combustible y materiales.

Se detalla los resultados de diagnóstico en la tabla VI, a partir del análisis de los formatos kaizen detallado en los ANEXOS 2,3,4 Y 5.

Tabla VI. **Resultado de diagnóstico según instrumento Kaizen**

No.	Problemas referentes a mantenimiento preventivo inocuo
1	No están los instructivos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo inocuo en instalaciones de proceso.
2	No están documentados todos los instructivos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo inocuo de exterior del equipo.
3	No están documentados los instructivos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo inocuo referente a interior del equipo.
4	No está documentado en algunos casos el personal responsable que llevar a cabo el mantenimiento preventivo inocuo del interior de equipo.
5	No hay formatos para posterior registro sobre mantenimiento preventivo con respecto al exterior de equipo.
6	No hay formatos para posterior registro sobre mantenimiento preventivo con respecto al interior de máquina.
7	No se ha Incluido en la documentación del plan anual de toma de muestras para análisis microbiológico superficies del interior de máquinas
8	No se ha incluido en el plan anual de capacitaciones el tema de "montaje y desmontaje para un mantenimiento preventivo inocuo de máquinas".
9	No está documentado el estimado del tiempo Estándar para llevar a cabo el proceso de mantenimiento preventivo inocuo en máquinas.
10	No está documentado un plan de coordinación con el departamento de producción y mantenimiento para establecer las frecuencias correctas de limpieza y sanitización del interior de la máquinas y equipo y toma de muestras de sanitización después de un mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Diagnóstico según instrumento Lean Six Sigma de la empresa

Se diseñó un instrumento basado en el principio fundamental de la herramienta según las etapas: definir, medir, analizar, y mejorar. Las tres primeras etapas cubren parte del diagnóstico y la última se presenta en el siguiente capítulo. En la etapa de definir se revisaron los datos históricos sobre cómo está definido el sistema del mantenimiento preventivo basado en inocuidad utilizando un diagrama SICOP.

En la etapa medir se tabularon los datos para contar con una forma cuantificable de lo que se necesita mejorar. Para ello, se utilizaron gráficos de Excel de tendencia, de barras, cuadros detallados de costos y tiempos. Finalmente, en la etapa analizar, se complementó el diagnóstico a través de la aplicación del diagrama causa- efecto.

- Etapa definir: definición del sistema de mantenimiento preventivo inocuo actual

Se determinó, según el diagrama SICOP detallado en la tabla VII, que el mantenimiento preventivo inocuo, desde el punto de vista de un sistema, se rige por el gerente de producción el cual es responsable de todo el sistema e involucra al jefe de mantenimiento que, según el descriptor de puesto actual, está clasificado como jefe de operaciones, un verificador de inocuidad, personal autónomo de la máquina, un comité de seguridad, entre otros. De esta manera genera una entrada, un proceso, una salida y qué esperan los clientes internos o externos.

Tabla VII. Diagrama (SICOP) Lean Six Sigma

Diagrama (SICOP) LEAN SIX SIGMA				
RESPONSABLE	Gerente de producción			
PROPOSITO	Brindar instalaciones de proceso, maquinaria y equipo con aceptabilidad de sanitización para la producción de bebidas gaseosas durante el proceso de mantenimiento preventivo			
Personal involucrado	Entrada	Proceso	Salida	Clientes
Jefe de operaciones (mantenimiento)	Plan de mantenimiento preventivo en correcta coordinación.	Verificación de: Agua y aire comprimido.	Instalaciones de proceso, maquinaria y equipo industrial limpio y sanitizado y en óptimas condiciones de operación	Bebidas gaseosas inocuas
Verificador de inocuidad		Mantenimiento Sótanos de equipos. Techos. Ventanas. Escaleras. Pisos. Paredes.		Bebidas gaseosas con parámetros microbiológicos aceptables. auditorías de mayor aceptabilidad
Colaborador autónomo de la máquina			Generación de desechos sólidos.	seguir con la constante de menos devoluciones respecto a inocuidad
Comité de inocuidad	Químicos y herramientas	Mantenimiento preventivo		Consistencia en certificaciones.
proveedor de químicos		Interior maquinaria y equipo.		
Encargado de control de calidad	Estándares y formatos de sanitización	Superficies exteriores de maquinaria y equipo industrial.	Registros de mantenimiento preventivo inocuo	

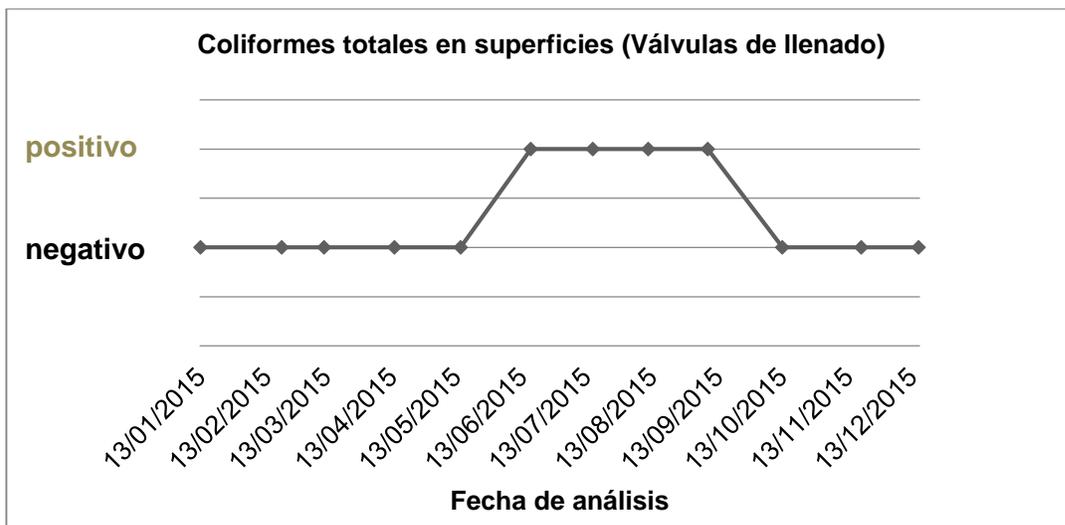
Fuente: elaboración propia.

Existe un mantenimiento preventivo general de la maquinaria, que se basa en tiempo planificado y se presenta en el anexo 6. Sin embargo, no existe un mantenimiento preventivo enfocado en inocuidad de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, catalogada como punto crítico de control, por lo que puede ser una fuente de contaminación para el producto.

- Etapa medir: tabulación de información histórica

En esta fase, se recopiló la información para cuantificarla. Según archivos documentados de la empresa relacionados con un único parámetro microbiológico analizado en superficies de maquinaria llevado a cabo en el año 2015, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre se evidenció la presencia de coliformes totales y, únicamente en agosto, se identificaron coliformes fecales, como se observa en la figura 2. De acuerdo con entrevistas a operarios, en esa oportunidad, se aplicaron medidas correctivas necesarias e inmediatas.

Figura 2. **Datos históricos referentes a inocuidad de superficies**

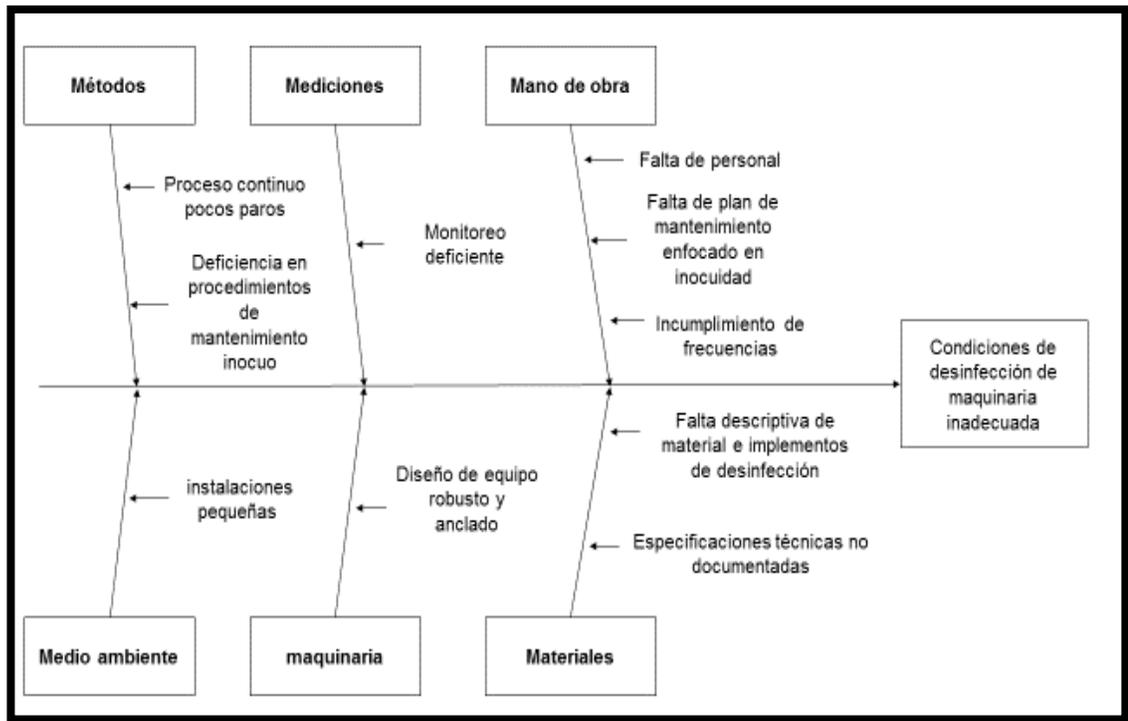


Fuente: elaboración propia.

- Etapa analizar: diagrama causa- efecto

El resultado del análisis causa-efecto evidencia que la sanitización es inadecuada en los procesos de mantenimiento de la maquinaria utilizada para la producción de bebidas gaseosas en la empresa.

Figura 3. Diagrama causa- efecto



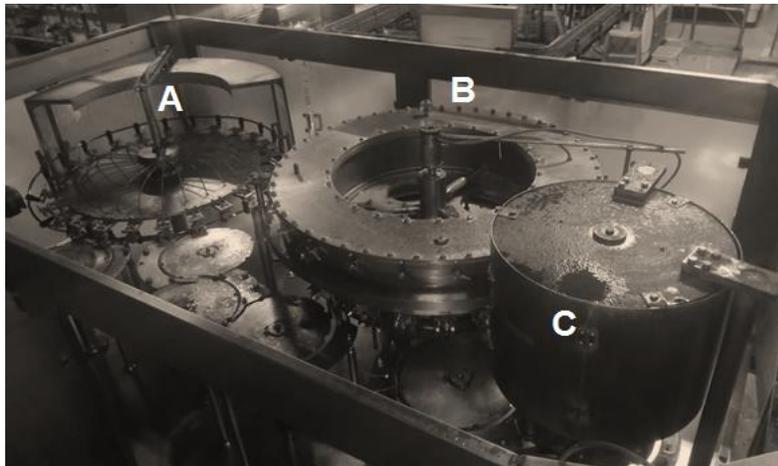
Fuente: elaboración propia.

2.3. Análisis de máquina DCGF SERIES 3-IN-1

Según el análisis HACCP de la empresa, esta máquina se clasifica como punto crítico de control (PCC). Está compuesta por un sistema conjunto según la figura 4 donde A, B y C representan la lavadora, llenadora y taponadora de botellas PET, respectivamente, en esta investigación constituye la unidad de análisis. Cuenta con superficies de mantenibilidad elevada que se encuentran en contacto directo con la bebida, estas superficies son de acero inoxidable 304 una aleación de carbono, cromo y un mínimo de 8 % de níquel, por lo cual es extremadamente resistente a la oxidación, tanto en interiores como en exteriores,

la soldabilidad es excelente, sin afectar la apariencia o la resistencia a la corrosión en las uniones.

Figura 4. **Máquina DCGF SERIES 3-IN-1**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Se llevó a cabo un análisis de criticidad de las superficies que necesitan mantenibilidad preventiva para estar en óptimas condiciones de trabajo y con parámetros de inocuidad aceptables. Esto se observa en la tabla VIII. Los componentes de la maquinaria clasificados como superficies críticas se incluirán en el plan de mantenimiento inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1.

2.4. Identificación de parámetros asépticos

Para este apartado se consultó la Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA (2007) Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas de Perú y también COMIECO (2006) 67.01.33:06 ICS 67.020: Normas del Reglamento Técnico Centroamericano

Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales de Guatemala, relacionados con microbiología.

2.5. Medición de criterios o rangos de aceptación

Se realizaron análisis microbiológicos por medio del método de hisopado establecido por la Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA (2007) Guía Técnica para el Análisis Microbiológico de superficies en contacto con Alimentos y Bebidas (ver anexo 7). Se aplicó en las superficies críticas de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, según el análisis de criticidad de superficies establecido.

Para esto, se manipuló la variable de análisis en la concentración de la solución desinfectante como se observa en la tabla XI. Se determinó la concentración utilizada en la propuesta de mejora establecida en el instructivo, y que se detalla en el anexo 8, para validar la propuesta.

Durante el periodo de la investigación se planificaron 12 mantenimientos preventivos y 52 posibles superficies críticas de análisis, como se observa en la tabla XII. Se utilizó el muestreo al azar simple o muestreo irrestricto aleatorio porque, en virtud del costo, la empresa autorizó 16 análisis microbiológicos. Los resultados se presentan en la tabla XIII y en la figura 5.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos en la investigación, relacionados con la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo inocuo de la Máquina DCGF SERIES 3-IN-1, utilizada en la línea de producción de llenado de envase PET.

3.1. Matriz de criticidad de superficies de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1

Según la matriz creada, los discos transportadores, sujetadores de lavadora y válvulas de llenado son los componentes y superficies de la máquina que deben incluirse en el plan de mantenimiento enfocado en inocuidad.

Tabla VIII. **Matriz de criticidad de superficies**

Componente o superficie	Mantenimiento preventivo	Contacto directo e indirecto	Índice de criticidad	Riesgo	Aplica al plan de mantenimiento inocuo
Tablero de mando	bajo	indirecto	1	no hay riesgo	no
Sensores	bajo	indirecto	1	no hay riesgo	no
Motor eléctrico	bajo	indirecto	1	no hay riesgo	no
Caja reductora	medio	indirecto	2	riesgo moderado	no
Estructura exterior	bajo	indirecto	1	no hay riesgo	no
Discos Transportadores	alto	directo	6	riesgo alto	Si
Sujetadores de Lavadora	alto	directo	6	riesgo alto	Si
Tanque de líquido	bajo	directo	2	riesgo moderado	No
Válvulas de cierre	bajo	indirecto	1	no hay riesgo	no
Válvulas de llenado	alto	directo	6	riesgo alto	Si
Taponadores	medio	indirecto	2	riesgo moderado	no
Alto	3	3	6	Índice de criticidad	
Medio	2	2	4		
Bajo	1	1	2		
		1	2		
		Indirecto	Directo	Riesgo	
mayor a 3	riesgo alto				
2	riesgo moderado				
1	no hay riesgo				

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Gráfica de barras de superficies críticas**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de barras de la figura 5, se observa que tres componentes de alta criticidad deben someterse a mantenimiento con criterios de inocuidad cuando se lleven a cabo las actividades de mantenimiento preventivo. Este índice de criticidad se estableció considerando 3 valores de riesgo: alto, medio y bajo, según el grado de contaminación que las superficies pueden causar a la bebida final, luego de ser manipuladas durante un mantenimiento preventivo. Esto se relaciona con una multiplicación directa de acuerdo con la superficie que tenga contacto directo e indirecto con el alimento, como se observa en la tabla VIII en el apartado índice de criticidad.

3.2. Descripción de las superficies o componentes críticos

En la investigación los componentes críticos de la máquina son catalogados como superficies críticas, entre ellas están los discos transportadores, sujetadores de lavadora y válvulas de llenado, como se estableció por medio del análisis de criticidad. (Ver figura 5).

3.2.1. Discos transportadores

Son 6 discos de acero inoxidable que sirven como mecanismo giratorio para el transporte del envase PET de la lavadora hacia la llenadora y de esta a la taponadora. Se consideran críticos debido porque están en contacto con parte de la boquilla del envase, como se observa en la figura 6. Son de alta mantenibilidad porque pierden su ajuste debido a la alta vibración generada por la máquina cuando se encuentra en operación. Cada disco cuenta con 8 ranuras que sujetan el envase PET.

Figura 6. **Ranuras de discos transportadores**

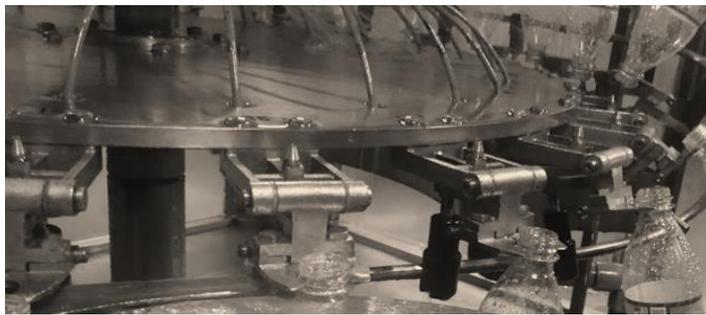


Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

3.2.2. Sujetadores de lavadora

Son componentes de acero inoxidable que sujetan la boquilla del envase PET y lo hacen darle vuelta para que los chorros de agua tratada laven el envase. Están compuestos por un resorte que sujeta dos puntas, las cuales, por medio de presión sujetan las boquillas, como se observa en la figura 7 y la integran 24 unidades.

Figura 7. **Sujetadores de lavadora**



Fuente: [Fotografía de Víctor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.2.3. Válvulas de llenado

Son los componentes esenciales y críticos en contaminación, son las válvulas encargadas de depositar la bebida en la botella PET. La máquina cuenta con 24 unidades y están compuestas por diferentes piezas, como se muestra en la figura 8. Son de alta mantenibilidad dado que el diseño y modelo de la máquina propicia el desajuste en las piezas y ocurren derrames de producto.

Figura 8. **Válvulas de llenado**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

3.3. Parámetros asépticos

Estos parámetros están dados por la Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA (2007) Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas de Perú. Su finalidad es contribuir a asegurar la calidad sanitaria indispensable en la fabricación, elaboración y expendio de alimentos y bebidas destinados al consumo humano y a la implementación de un sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control.

Esta guía utiliza métodos avalados y normalizados por organismos internacionales, como la Organización Internacional para la Estandarización (ISO: *Internacional Organization for Standardization*), Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación Internacional de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC:

Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International) y la Administración de Alimentos y Drogas/Manual Analítico Bacteriológico (FDA/BAM: *Food and Drug Administration/Bacteriological*).

Los parámetros normalizados o indicador de higiene que conforman un análisis de coliformes (se utilizan frecuentemente como indicador bacteriano de la calidad sanitaria de los alimentos y el agua) se detallan en las tablas IX y X. Se definen como bacterias gramnegativas, con forma de bastón) totales en superficies inertes las cuales, según la guía, son todas las partes externas e internas de los utensilios que están en contacto con los alimentos, por ejemplo, equipos y mobiliarios.

Tabla IX. **Parámetros a muestrear según superficie**

ENSAYOS	SUPERFICIES VIVAS	SUPERFICIES INERTES
Indicadores de Higiene	Coliformes totales	Coliformes totales
	<i>Staphylococcus aureus</i> (*)	—

(*) En el caso de superficies el *S. aureus* es considerado un indicador de higiene ya que la toxina es generada en el alimento.

Fuente: Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. (2007). *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contactos con alimentos y bebidas.*

Tabla X. **Criterios de aceptación normados**

SUPERFICIES INERTES				
MÉTODO HISOPO	Superficie Regular		Superficie Irregular	
ENSAYO	Límite de Detección del Método	Límite Permisible (*)	Límite de Detección del Método	Límite Permisible (*)
Coliformes totales	< 0,1 ufc / cm ²	< 1 ufc / cm ²	< 10 ufc / superficie muestreada	< 10 ufc / superficie muestreada
Patógeno	Ausencia / superficie muestreada en cm ² (**)	Ausencia / superficie muestreada en cm ² (**)	Ausencia / superficie muestreada	Ausencia / superficie muestreada

(*) En las operaciones analíticas, estos valores son indicadores de ausencia.

(**) Indicar el área muestreada, la cual debe ser mayor o igual a 100 cm².

Fuente: Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. (2007). *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contactos con alimentos y bebidas.*

3.4. Muestreo y variable a manipular

Debido a que la empresa carece de un laboratorio interno de análisis microbiológicos, es imposible analizar las 52 superficies críticas y el costo de llevarlo a cabo en un laboratorio externo es elevado. Por ello, se utilizó la norma Military Standard 105E (MIL STD 105E). Este sistema de muestreo de aceptación por atributos es el más usado en el mundo. Esta norma trabaja con el nivel de calidad aceptable (NCA) (o AQL, del inglés *acceptancing quality level*).

El NCA se define como el porcentaje máximo de unidades que no cumplen con la calidad específica dada y que, para propósitos de inspección por muestreo se puede considerar como satisfactorio o aceptable.

Para este análisis las 52 superficies críticas serán catalogadas como un lote de trabajo y realizando el procedimiento establecido por la norma Military Standard 105E (MIL STD 105E) el cual indica lo siguiente:

- Determinar el tamaño de lote.
- Especificar el NCA (o AQL).
- Escoger el nivel de inspección (usualmente el nivel II).
- Dada la información anterior, en la tabla dada en la figura 9 se encuentra la letra código correspondiente para el tamaño de muestra.
- Determinar el tipo de plan de muestreo a usar (simple, doble o múltiple).
- De acuerdo con la letra código y el NCA, en la tabla referente a la figura 10 se especifica el plan simple para inspección severa el cual es el que se utilizara para aumentar la validez interna del trabajo de investigación.

Siguiendo el procedimiento detallado en el párrafo anterior, según la figura 10 utilizando un NCL de 0.10 % para defectos críticos, en los cuales se debe rechazar el procedimiento de mantenimiento si una muestra está fuera de rango y aceptar si todas las muestras están en el rango, se obtiene un tamaño de la muestra de 13 superficies.

Figura 9. Letras código para el tamaño de la muestra (MIL STD 105E)

Tamaño del lote	Niveles especiales de inspección				Niveles generales de inspección		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

Figura 10. Tabla para inspección severa: muestreo simple (MIL STD 105E)

Letra código para el tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra n	Nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), en porcentaje																							
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2 000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
S	3 150	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

Tabla XI. **Concentración de la solución desinfectante**

No.	Mes	Mantenimiento preventivo	Concentración de solución desinfectante utilizada en (PPM) propuesta al azar	Muestreo
1	1	Válvulas de la 1 a la 6	200	no
2		Disco transportador 1	30	no
3		sujetadores del 1 al 6	60	no
4	2	Válvulas de la 7 a la 12	60	no
5		Disco transportador 2	30	no
6		sujetadores del 7 al 12	200	no
7	3	Válvulas de la 13 a la 18	200	si
8		Disco transportador 3	30	si
9		sujetadores del 13 al 18	60	si
10	4	Válvulas de la 19 a la 24	60	si
11		Disco transportador 4	200	si
12		sujetadores del 19 al 24	30	si

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Muestreo al azar simple**

No.	Superficie de muestreo	Distribución de los 16 análisis autorizados al Azar	Muestreo al azar simple o muestreo irrestricto aleatorio
1	válvula 1	N/A	
2	válvula 2	N/A	
3	válvula 3	N/A	
4	válvula 4	N/A	
5	válvula 5	N/A	
6	válvula 6	N/A	
7	válvula 7	N/A	
8	válvula 8	N/A	
9	válvula 9	N/A	
10	válvula 10	N/A	
11	válvula 11	N/A	
12	válvula 12	N/A	
13	válvula 13	si	1
14	válvula 14	si	2
15	válvula 15	si	3
16	válvula 16	no	
17	válvula 17	si	4
18	válvula 18	si	5
19	válvula 19	no	
20	válvula 20	no	

Continuación de la tabla XIV.

No.	Superficie de muestreo	Distribución de los 16 análisis autorizados al Azar	Muestreo al azar simple o muestreo irrestricto aleatorio
21	válvula 21	si	6
22	válvula 22	no	
23	válvula 23	si	7
24	válvula 24	si	8
25	disco transportador 1	N/A	
26	disco transportador 2	N/A	
27	disco transportador 3	si	9
28	disco transportador 4	no	
29	sujetador 1	N/A	
30	sujetador 2	N/A	
31	sujetador 3	N/A	
32	sujetador 4	N/A	
33	sujetador 5	N/A	
34	sujetador 6	N/A	
35	sujetador 7	N/A	
36	sujetador 8	N/A	
37	sujetador 9	N/A	
38	sujetador 10	N/A	
39	sujetador 11	N/A	
40	sujetador 12	N/A	
41	sujetador 13	si	10
42	sujetador 14	si	11
43	sujetador 15	si	12
44	sujetador 16	no	
45	sujetador 17	no	
46	sujetador 18	si	13
47	sujetador 19	No	
48	sujetador 20	No	
49	sujetador 21	No	
50	sujetador 22	No	
51	sujetador 23	no	
52	sujetador 24	no	

Fuente: elaboración propia.

3.5. Resultados de laboratorio

los análisis microbiológicos se realizaron en un laboratorio externo a la empresa de producción de bebidas gaseosas, como se detalla en la tabla XIII.

Según el análisis de muestreo se analizaron 13 análisis microbiológicos para llevar a cabo el estudio, de los cuales ninguna tuvo una desviación en los resultados, según el parámetro analizado que fue coliformes totales, todas las muestras se encuentran en su criterio o rango microbiológico, como se observa en la figura 9.

Tabla XIII. **Análisis microbiológico**

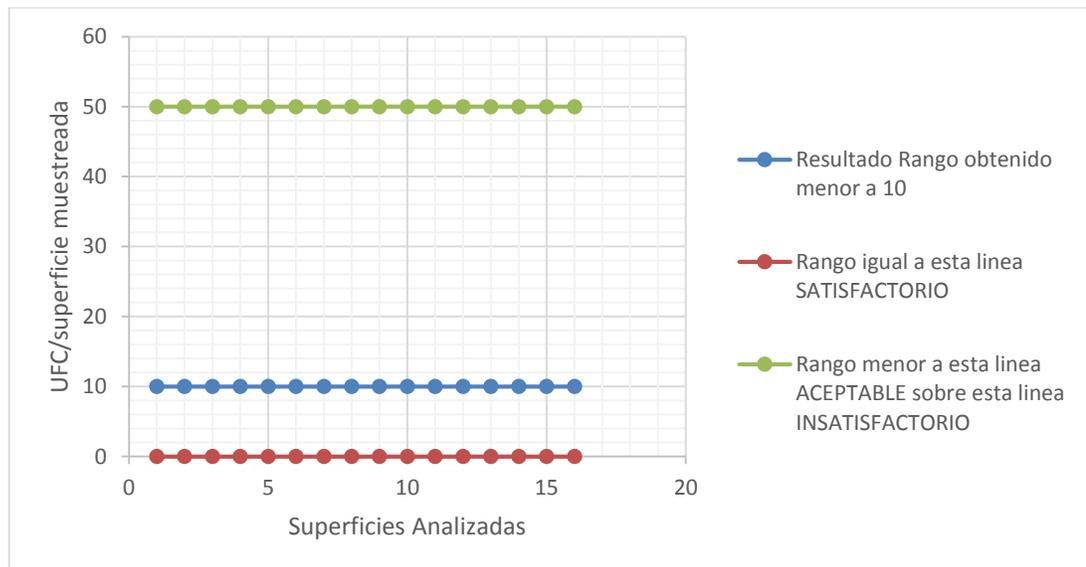
Responsable del muestreo: Laboratorio Externo					
Tipo de muestra: superficies críticas de Máquina Lavadora-Llenadora y Taponadora					
Referencia de Laboratorio	Muestra	Coliformes totales (CM 9.7)	<i>Escherichia Coli</i> (CM 9.9)	Fecha y Hora del muestreo	Procesamiento
19198	válvula 13	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19199	válvula 14	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19200	válvula 15	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19201	válvula 17	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19202	válvula 18	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19203	válvula 21	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020
19204	válvula 23	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020
19205	válvula 24	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020
19206	disco 3	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19207	sujetador 13	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19208	sujetador 14	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020

Continuación de la tabla XIII.

Referencia de Laboratorio	Muestra	Coliformes totales (CM 9.7)	<i>Escherichia Coli</i> (CM 9.9)	Fecha y Hora del muestreo	Procesamiento
19209	sujetador 15	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19210	sujetador 18	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	26/09/2020	26/09/2020
19211	sujetador 19	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020
19212	sujetador 21	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020
19213	sujetador 23	Menor de 10 UFC/ superficie muestreada	Ausencia	03/10/2020	03/10/2020

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Gráfica rangos de límites permitidos



Fuente: elaboración propia.

La representación de los rangos de aceptación está acreditada por ISO/IECb17025:2005 OGA-LE -044-11 y presenta tres criterios: satisfactorio, aceptable e insatisfactorio. Sin embargo, según la norma, esto únicamente es una guía como seguimiento de resultados y trabajar en el mejor criterio posible ya que no son valores para aceptar o rechazar un proceso, como se indica en la tabla XIV y como se observa en la figura 20 los resultados obtenidos están en el rango denominado aceptable.

Tabla XIV. **Criterios microbiológicos para evaluar cumplimiento de requisitos de calidad**

Análisis acreditados ISO/IECb17025:2005 OGA-LE -044-11			
Criterios microbiológicos para evaluar cumplimiento de requisitos de calidad			
Parámetro	satisfactorio	Aceptable	insatisfactorio
Recuento de coliformes totales	Ausente	Menor o igual 50	Mayor a 50
Estos criterios son una guía para seguimiento de resultados, no son valores establecidos para aceptar o rechazar un proceso			

Fuente: Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. (2007). *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contactos con alimentos y bebidas.*

3.6. Propuesta del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1

El plan especifica qué documentos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse, correspondiente al mantenimiento inocuo de máquina DCGF SERIES 3- IN- 1, detallado en la tabla XV. Esta propuesta es el resultado más importante ya que dependerá de su ejecución garantizar que los componentes de mantenibilidad preventiva de la máquina se encuentren óptimamente inocuos, para el inicio de la producción luego de llevado a cabo el plan.

Detalla 8 componentes básicos que debe contener todo plan maestro de mantenimiento el cual es proponer cual es el sistema, subsistema, frecuencia, descripción de actividades, persona que ejecuta, fecha de ejecución y fecha de supervisión para que tienda a convertirse en un registro de mantenibilidad importante.

Tabla XV. **Plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1**

sistema	subsistema	componentes	frecuencia	descripción	persona que ejecuta	fecha ejecución	fecha de supervisión
Máquina DCGF SERIES 3-IN-1	agarre de botellas PET	Sujetadores	trimestral	según Instructivo	Operario Autónomo y ayudante		
Máquina DCGF SERIES 3-IN-2	transporte de Botellas PET	Discos Transportadores	trimestral	según Instructivo	Operario Autónomo y ayudante		
Máquina DCGF SERIES 3-IN-3	Llenado de Botellas PET	Válvulas de Llenado	mensual	según Instructivo	Operario Autónomo y ayudante		

Fuente: elaboracion propia.

3.6.1. Responsable del plan

La ejecución del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF SERIES 3- IN- 1, correspondiente específicamente, al equipo de lavado, llenado y taponado será responsabilidad del gerente de producción de la fábrica de embotellado en análisis.

3.6.2. Instructivo de mantenimiento preventivo inocuo

Este instructivo detalla las actividades que se tomaron en cuenta según los resultados mencionados y se detallan en un documento de calidad denominado

Instructivo actividades de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina DCGF series 3-IN-1

Este instructivo hace referencia al personal encargado de ejecutar el plan, el equipo por utilizar, componentes de la máquina que se trabajará y, sobre todo, las actividades que se realizarán en el mantenimiento preventivo inocuo. Estas se validaron según los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de la tabla XV. A continuación, se describe el instructivo.

3.6.2.1. Propósito

Mantener los componentes críticos de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 utilizada en el proceso de lavado, llenado y taponado de bebidas gaseosas en envase PET en condiciones de disponibilidad de trabajo y condiciones inocuas adecuadas.

3.6.2.2. Alcance

Este instructivo aplica para el personal de mantenimiento de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 utilizada en el proceso de lavado, llenado y taponado de bebidas gaseosas en envase PET.

3.6.2.3. Política

La empresa se compromete a asegurar la integridad del personal, instalaciones y, principalmente, la inocuidad de las bebidas elaboradas, por lo que mantiene este instructivo para efectuar mantenimientos de la maquinaria enfocados en inocuidad.

3.6.2.4. Distribución del instructivo

Este documento se distribuye de la siguiente manera:

- Original: Archivo Central de Documentos (biblioteca electrónica) Departamento de Gestión de Calidad e Inocuidad.
- Copias: las copias autorizadas se establecen en el Inventario de documentos.

3.6.2.5. Personal del mantenimiento preventivo inocuo

El mantenimiento preventivo inocuo de la máquina debe realizarlo un equipo conformado por los siguientes puestos de trabajo.

- Jefe de operaciones de mantenimiento

Es un ingeniero de producción especialista en mantenimiento. Supervisa los trabajos de mantenimiento realizados a la máquina. Entre sus responsabilidades está la planificación aprobación y ejecución del mantenimiento preventivo y la liberación de la máquina luego de un mantenimiento preventivo inocuo.

- Operario autónomo

Es la persona que manipula la máquina. Está capacitado para operar la máquina y darle mantenimiento. Realiza las actividades operativas del mantenimiento preventivo inocuo previsto de acuerdo con las instrucciones planteadas en este instructivo y la toma decisiones durante la operación de

mantenimiento preventivo inocuo. Está capacitado en Buenas Prácticas de Manufactura y Mantenimiento.

- Ayudante de mantenimiento

Es la persona que auxilia en todo momento al operario autónomo durante la ejecución del mantenimiento preventivo inocuo y está capacitado en Buenas Prácticas de Manufactura y Mantenimiento.

3.6.2.6. Generación de orden de mantenimiento inocuo preventivo durante el año

El plan se establecerá anual y la propuesta se puede observar en la tabla XV, pero durante el año de operación pueden presentarse signos de posibles fallas por lo que es necesario adelantarse a la frecuencia del mantenimiento preventivo inocuo.

para esto, el operario autónomo realizará una petición u orden de mantenimiento preventivo inocuo necesario. Para esto, llenará el formato que se presenta en la tabla XVI, el cual deberá ser entregado Jefe de operaciones de mantenimiento para el previo análisis y autorización del mantenimiento preventivo inocuo de la máquina.

Tabla XVI. **Orden de mantenimiento preventivo inocuo**

ORDEN DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO INOCUO			
Nombre del solicitante:			
Prioridad	Nº DE ORDEN:		
Área:	Fecha de inicio:		
Equipo:	Fecha de finalización:		
Recomendaciones de seguridad:	Descripción del problema:		
Ocurrencias		Tipo de mantenimiento	
Efecto:	Efecto:	Mantenimiento preventivo	
		Mantenimiento correctivo	
Causa:	Causa:	Emergencia	
Acción:	Acción:	Otro	
Observación:	Observación:		
Descripción general del mantenimiento			
Supervisor:	Hora inicial:	Responsable:	Hora final:
Estimación de tiempo:	Reprogramación:		
	Motivo:		
Servicios contratados:	Hora inicial:	Hora final:	
	Servicio terminado aprobado por:		
Sumario de servicio contratado			
Comentario sobre el problema:			
Horas-Hombres estimados	Horas -Hombres reales	Nombres	
Aprobación del encargado(a) de área		Aprobación gerente de producción	
F _____		F _____	

Fuente: elaboracion propia.

3.6.2.7. **Herramientas de mantenimiento**

Se presenta el *kit* de mantenimiento que debe incluirse en la caja herramientas para mantenimiento preventivo inocuo. Las herramientas solo deben utilizarse para este tipo de mantenimiento, de esta forma se evita la contaminación cruzada en la fábrica de bebidas. Antes de utilizarlas deberán

someterse a un proceso de limpieza y desinfección con una solución de Alox ultra a 200 ppm (ingrediente activo ácido peracético).

- Juego de llaves Stanley
- Juego de copas Stanley
- Juego de llaves hexagonales
- Lima
- Lijas de agua No. A-99 600

3.6.2.8. Materiales de lubricación

Se necesitan de dos materiales de esta índole para llevar a cabo la lubricación en los componentes que están en constante movimiento y entran en el mantenimiento preventivo inocuo. A continuación, se describen.

- Grasa grado alimenticio TECH GREASE FG 2

Grasa multiservicio que puede entrar en contacto accidental con los alimentos. Se utiliza según su especificación para rodamientos antifricción, cadenas juntas, y portaobjetos en la industria de alimentos y bebidas.

Figura 12. **Propiedades físicas y químicas de la grasa TECH GREASE**
FG 2

SECCIÓN 9 : PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas	
Información general	
Estado Físico :	Pastoso
Color:	incolore
Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente :	
pH :	No concernido.
Intervalo de punto de inflamación :	PI > 100°C.
Presión de vapor (50°C) :	No concernido.
Densidad :	< 1
Solubilidad en agua :	Insoluble.

Fuente: [Fotografía de Víctor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
 Guatemala.

- Grasa multiusos de alta resistencia MP2/3

Grasa de alta resistencia para el engrase de cualquier parte mecánica de maquinaria industrial, equipamientos al aire libre y vehículos. Es de alta resistencia al agua y lavado por agua, especialmente adecuado para una lubricación a largo plazo gracias a su extremadamente baja tendencia a la oxidación.

Esta grasa se encuentra incluida en la lista NSF (National Sanitation Foundation) para uso en equipos y partes de la maquinaria en la industria alimentaria en entornos donde no cabe la posibilidad que el lubricante o parte lubricada pueda entrar en contacto con productos comestibles.

Figura 13. Datos técnicos de la grasa Interflon Grease MP2/3

Datos Técnicos		
Propiedades	Resultados	Método
Composición	Mezcla de aceite minerales, espesante complejo de litio, aditivos y MicPol®	
Color	Marrón claro	
Olor	Aceitoso	
Densidad@ 20°C	0.92 g/cm ³	
Viscosidad dinámica @ 20°C	950 Pas	ASTM D2983
Grado NLGI	2-3	ASTM D217
Penetración a (60 golpes)	265	ASTM D217
Penetración a (100.000 golpes)	280	ASTM D217
Estabilidad de rodado	+ 8 mm	DIN 51804
Punto de goteo	> 280°C	DIN 51801
Viscosidad aceite base @ 40°C	185 cSt	ASTM D445
SKF Emscor agua destilada	0-0	DIN 51802
Corrosión del cobre	1a	ASTM D4048
Arrastre de agua	2%	ASTM D1264
Resistencia al agua	1-90	DIN 51807
Punto de soldadura- 4 bolas	400 kg	ASTM D2596
Factor DN	680.000	
Temperatura mínima de aplicación	-30°C	
Temperatura máxima de aplicación	145°C	
Resistencia a la oxidación	14 kPa	DIN 51808
Código grasa	KPF2/3N-30	DIN 51825
Conservabilidad *	4 años	

Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.6.2.9. Materiales de limpieza

En esta lista se presentan los instrumentos necesarios para llevar a cabo la limpieza de los componentes cuando se lleve a cabo el mantenimiento preventivo inocuo.

- Esponja
- Papel para secado (*wypall*)
- Cepillo
- Escobilla

- Atomizador
- Espátula
- Brocha de cerdas suaves

1.1.1.1. Materiales sanitizantes

Se utiliza la solución desinfectante y el recipiente (atomizador) que contendrá dicha solución.

- Alox ultra

Es un compuesto químico con ingrediente activo de ácido peracético el cual es avalado por la Organización Mundial de la Salud para uso en la desinfección de superficies en la industria de alimentos, específicamente en la concentración de 200 ppm.

Figura 14. **Composición química de solución desinfectante (Alox Ultra)**

Nombre comercial..... Composición (Ingredientes Peligrosos)..... Uso del producto.....	INFORMACIÓN DEL PRODUCTO ALOX ULTRA					
	INGREDIENTE	No. de CAS	% (m/m)	OSHA (PEL) ppm	ACGIH (TLV) ppm	NIOSH (REL) ppm
	Ácido Acético	64-19-7	10-30	10	10	10
	Ácido Sulfúrico	7664-93-9	0.001-1	1	0.2	1
	Peróxido de Hidrógeno	7722-84-1	20-40	1	NA	1

Específico para lograr un efecto sanitizante a equipos, utensilios, áreas, en plantas alimenticias

Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

3.6.2.10. Equipo de protección personal

Cuando se lleve a cabo la operación de mantenimiento preventivo inocuo los involucrados deberán contar con equipo de protección personal tal como lentes, redcilla, casco y zapatos tipo industrial.

3.6.2.11. Ubicación del equipo y zonas de mantenimiento inocuo

El equipo se encuentra ubicado en la planta de producción línea de PET es un bloque de tres etapas el cual consta de lavado, llenado y taponado, el cual, según el análisis de criticidad, es necesario brindarles mantenimiento preventivo inocuo a los componentes denominados discos transportadores, sujetadores de lavadora y válvulas de llenado.

Figura 15. **Vista de la máquina DCGF series 3-IN-1**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

3.6.2.12. Procedimiento de actividades de mantenimiento preventivo inocuo

A continuación, se detallan las actividades de mantenimiento preventivo inocuo que el personal de mantenimiento en componentes críticos llevará a cabo y que pueden causar un tipo de contaminación en la bebida terminada. Entre estos se encuentran los discos transportadores, los sujetadores de la lavadora y válvulas de llenado.

Antes de iniciar cualquier actividad operativa de mantenimiento preventivo inocuo el personal involucrado en la ejecución debe realizar un correcto procedimiento de lavado y desinfección de manos y en ejecución llevar a cabo la correcta aplicación de buenas prácticas de manufactura, como no escupir en el área de trabajo, no tocarse los ojos y el cabello durante la operación, si es necesario ir al sanitario lavarse antes de ingresar y al momento de salir, entre otras.

- Protocolo procedimiento lavado de manos

Para el lavado correcto de manos se establece el siguiente procedimiento:

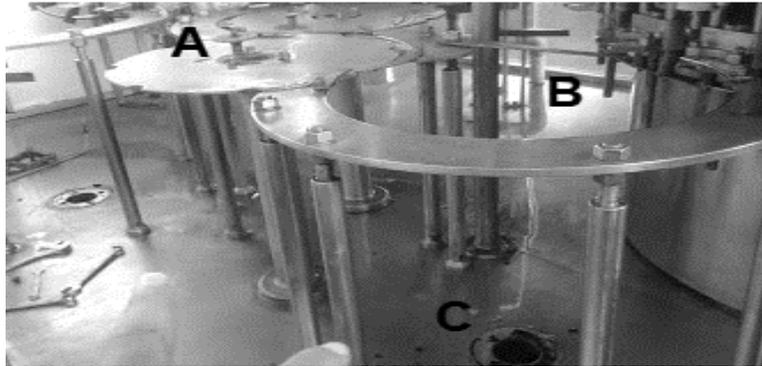
- Mojarse las manos y Aplicar suficiente jabón (solución jabonosa de clorhexidina al 4 % o povidona yodada al 7,5 %) para cubrir toda la mano, frotar las palmas entre sí, entrelazando los dedos y viceversa.
- Frotar el dorso de los dedos de una mano contra la palma de la mano opuesta, manteniendo unidos los dedos rodeando el pulgar

izquierdo con la palma de la mano derecha, frotarlo con un movimiento de rotación, y viceversa.

- Enjuagar las manos y Secarlas con una toalla de un solo uso con esta toalla se cierra el grifo.
 - Aplicar solución de alcohol al 70 % en parte de las manos y codos para finalizar el lavado de manos y que estas queden desinfectadas.
- Cambio de cojinetes centrales de discos transportadores

Esta actividad de mantenimiento se lleva a cabo para garantizar el ajuste perfecto de los discos giratorios trasportadores de botellas PET. De esta manera se evitan los paros en proceso debido al mal movimiento giratorio producido por el desgaste de los cojinetes. Para esto, se desmontan los discos transportadores con una llave hexagonal aflojando y quitando el tornillo central que sujeta los discos, así como también los tres tornillos de ajuste que tiene cada uno de los discos. Estos se observan en la sección literal A de la figura 16. Luego, se extraen los discos y queda el espacio vacío en la sección que indica la letra B de la figura 16.

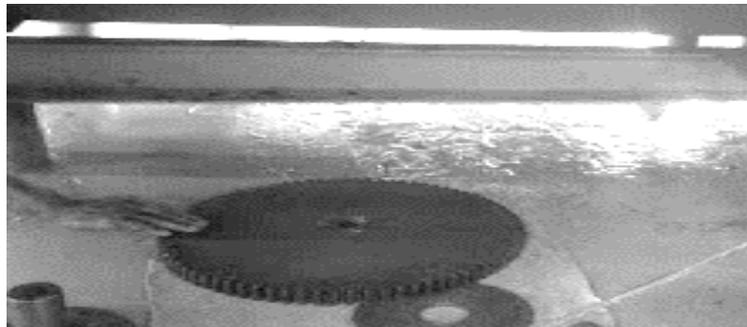
Figura 16. **Desmontaje de discos transportadores**



Fuente: [Fotografía de Víctor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Como siguiente paso se extrae del eje principal del engranaje del sistema mecánico de movimiento. Con una llave Stanley de 13 mm se extrae el tornillo de seguridad, luego, se manipula hacia abajo con las medidas de seguridad correspondientes, este se separe de la cuña y el eje principal como se observa en la figura 17.

Figura 17. **Extracción engranaje de eje principal**



Fuente: [Fotografía de Víctor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Después de extraer los discos transportadores y los engranajes de la parte inferior, con una llave Stanley de 17 mm se quitan los cuatro tornillos que sujetan el eje principal. Este quedara libre, como se observa en la figura 18 y también quedara el espacio vacío como lo representa la letra C de la figura 16. Se observa que, tanto en la parte superior como en la inferior, cuenta con un rodamiento o cojinete los cuales son los componentes de remplazo como mantenimiento preventivo. Estos se extraen con el instrumento denominado extractor de rodamientos.

Se limpia el eje principal con papel de secado *waypall* sin utilizar químicos como gasolina, diésel, *thinner* o aceite Wd-40 porque están fabricados con acero inoxidable. El mantenimiento preventivo inocuo exige que se utilice agua caliente a alta presión con una hidrolavadora.

Cuanto el eje principal se encuentra totalmente limpio se lubrica con grasa MP2/3 (aplicación de grasa) el espacio donde ingresan los rodamientos. Se insertan los rodamientos nuevos y se montan con el mismo procedimiento, pero, al contrario.

Figura 18. **Extracción de eje principal**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Afilamiento de puntas de sujetadores de lavadora

En esta actividad se usa una lima con la cual se afilan las puntas de agarre. Cuando estas puntas pierden el filo, las botellas tienden a caerse. Por eso, se les debe aplicar mantenimiento preventivo inocuo por ser una superficie catalogada como crítica en función del análisis de criticidad.

Para llevar a cabo este procedimiento, el auxiliar de mantenimiento debe hacer girar la máquina con el potenciómetro de comando del variador de frecuencia que utiliza la máquina y parar según se lo indique el operario autónomo de mantenimiento. Esto se realizará cuando el sujetador dispuesto a mantenibilidad quede en el lugar establecido para realizar el afilamiento. En este espacio del bloque es donde el operario autónomo puede subirse para afilar la lima. La técnica de afilado depende de la experiencia del operario autónomo de cómo este realice el desgaste aplicando movimiento de fricción entre la lima y las puntas de los sujetadores, al finalizar, las puntas deben quedar como se observa en la figura 19.

Figura 19. **Puntas luego del afilamiento**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Cambio de resorte

Se realiza esta actividad de mantenimiento preventivo para mejorar la tensión en el agarre de los sujetadores. Después de un tiempo, los resortes se vencen y deben cambiarse. Para esto, se quitan los dos tornillos laterales con la llave hexagonal correspondiente. (Ver la figura 20, A y B presentan los dos tornillos laterales). En el momento de desmontar estos tornillos, el resorte sale inmediatamente, se cambia y se monta de nuevo.

Figura 20. **Tornillos laterales de resorte**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Rectificación de pasadores de bisagras

Los pines de los sujetadores tienden a desgastarse y generan holgura entre el pasador y la ranura donde el pin tiene que entrar. El resultado es un movimiento que impide la coincidencia con la boquilla del envase PET. La consecuencia es una falla en el proceso de traslado del envase. Para cambiarlos se extraen a presión y es necesario el remplazo de la bisagra y el pin pasador. En la figura 21 se observa la bisagra y el pin correspondientes.

Figura 21. **Pin y bisagra de sujetadores**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Válvulas de llenado

Para llevar a cabo este mantenimiento preventivo es necesario desmontar completamente las válvulas de llenado del tanque de líquido. Para esto, el operario autónomo debe ubicar la posición como se observa en la figura 22 y extraer los dos tornillos que sujetan las válvulas con la llave hexagonal, al extraer la válvula se desarma y debe quedar en tres componentes como se observa en la figura 23.

Figura 22. **Posición para desmontaje y montaje de válvulas**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Figura 23. **Componentes de válvula**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Cambio de empaques de la base y punta de la válvula

Una vez desmontada la válvula, como primer mantenimiento preventivo, se cambia el empaque de base de válvula. Para ello, se extrae el empaque deteriorado y se reemplaza por un nuevo. Este empaque se observa en la figura 24. Se observa también el empaque color blanco de punta de válvula por revisar y cambiar en la figura 25, se procede a extraerlo y cambiarlo por uno nuevo.

Figura 24. **Empaque de base de válvula**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Figura 25. **Empaque de punta de válvula**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Cambio de empaque tipo campana

Se observa el empaque color blanco tipo sombrero por revisar y cambiar, como se observa en la figura 26.

Figura 26. **Empaque tipo campana**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular. Guatemala.

- Cambio de resorte y oring

Se observa el resorte y el oring color negro en la figura 27. Para cambiarlo, se realiza un movimiento giratorio que desmonta la parte superior del componente superior que sujeta el resorte. Una vez extraído este componente, se reemplaza el resorte y el oring correspondiente.

Figura 27. **Resorte y oring de válvula**

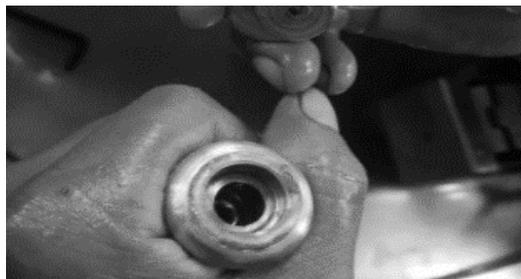


Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

- Cambio de empaque de entrada

En la figura 28, se observa el perímetro luego de extraer el empaque que se debe cambiar el cual se encuentra en la parte superior de la válvula, para este y otros empaques cuando la holgura sea muy ajustada es necesario aplicar una pequeña cantidad de grasa grado alimenticio al momento de introducir el nuevo.

Figura 28. **Perímetro de empaque de entrada de válvula**



Fuente: [Fotografía de Victor Elí Chen Urizar]. (Guatemala. 2020). Colección particular.
Guatemala.

Las válvulas se montan cuando hayan concluido los aspectos fundamentales de su mantenimiento preventivo. Sin embargo, antes de montarlas, es necesario realizar los procedimientos de limpieza y desinfección que se menciona en el inciso 3.6.3 y 3.6.4. Estos procedimientos también deben aplicarse a los sujetadores y discos transportadores después del montaje luego de haber realizado el mantenimiento preventivo.

3.6.3. Procedimiento de limpieza

- Sopetear con aire comprimido todos los componentes manipulados.
- Remojo de todas las piezas en agua tratada incluir los componentes de cambio.
- Restregar con esponja todas las piezas.
- Remojo de todas las piezas en agua tratada incluir los componentes de cambio.
- Colocación de las piezas en una superficie de acero inoxidable.
- Escurrimiento del agua de todas las piezas.

3.6.4. Procedimiento de sanitización

- Preparación de la solución del producto comercial Alox (base ácido peracético) solución recomendada 200 PPM para superficies.
- Remojo de todas las piezas en la solución.
- Manipulación en mantenimiento.
- Procedimiento de limpieza nuevamente para componentes armados completamente antes del montaje.
- Remojo en la solución.
- Montaje.
- Atomizado de la solución post realización del mantenimiento preventivo.

3.6.5. Frecuencias establecidas

Estas frecuencias se basan en la experiencia del personal que opera la máquina porque en la actualidad se carece de un historial de fallas. En consecuencia, se llevaron a cabo entrevistas no estructuradas aplicadas a los operarios. Como resultado se obtuvo la propuesta de frecuencias de operación como se observa en la tabla XV.

3.7. Beneficios de un plan de mantenimiento preventivo inocuo

El beneficio es la validación del plan de mantenimiento preventivo inocuo de la máquina, el cual se adjuntaría a los POES o procedimientos operativos estándares de sanitización, estos son de vital importancia.

Se determinó cuáles son las condiciones microbiológicas luego de una actividad de mantenimiento en los componentes de mayor riesgo. Se verificaron y validaron las acciones de limpieza y desinfección luego del mantenimiento que se detallan en el instructivo del plan de mantenimiento preventivo inocuo y cuyo responsable es el personal de mantenimiento preventivo.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta discusión plantea la descripción de los resultados que incluye los cinco resultados obtenidos y un análisis externo e interno para validar la información obtenido de dichos resultados.

4.1. Descripción de resultados

Los resultados se relacionan directamente con las preguntas de investigación y objetivos planteados en el trabajo.

Como primer resultado se obtuvo una matriz de criticidad con base en la unidad de análisis establecida como la máquina conjunta: lavadora, llenadora y taponadora DCGF SERIES 3-IN-1. Según la tabla VIII aporta como resultado 3 componentes o superficies críticas de la máquina para incluirlas en un mantenimiento preventivo inocuo característico de la industria de alimentos y producción de bebidas. Para ello, se tomó como referente la norma FSSC 22000: 2018. En ella se establece que toda industria de procesamiento de alimentos debe contar con un mantenimiento de maquinaria industrial que garantice los requisitos de inocuidad establecidos por ley del país en ejecución de labores o lugares a donde se exporte el producto final.

Como segundo resultado se describieron los componentes de la máquina que se incluyó en el plan. Dichos componentes están fabricados con acero inoxidable y las piezas que requieren cambio son empaques de diferentes plásticos los cuales se pueden adquirir en el mercado local.

Como tercer resultado se consultó la guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas aprobado según Resolución ministerial No.461-2007 Ministerio de Salud de Perú que, según su equivalencia es similar a la norma NTG ISO 18593 Microbiología de la cadena alimentaria – Métodos horizontales de muestreo en superficies utilizada en Guatemala, pero establece procedimientos más detallados. También menciona esta guía internacional ya que se consultó el Reglamento de la COMIECO (2006) el cual avala las auditorías sanitarias en Guatemala establecidas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, pero únicamente se establecen parámetros microbiológicos en producto final. Por ello, el parámetro en análisis fue detección de coliformes totales en superficies en un criterio o límite microbiológico establecido en UFC/por superficie como se observa en la tabla X y XI.

Como cuarto resultado se obtuvo el muestreo establecido y una variable por modificar la cual fue la concentración de la solución desinfectante por utilizar en las actividades de mantenimiento preventivo inocuo la cual según los resultados no tuvo ninguna incidencia.

Como quinto resultado se obtuvieron los resultados de los análisis microbiológicos con los cuales se conformó la gráfica establecida en la figura 8. De acuerdo con la tabla XIV evidencian un nivel aceptable en calidad, con base en criterios de aceptabilidad microbiana. Este resultado se relaciona con el sexto y séptimo resultados el cual es la propuesta del plan y los beneficios de este ya que este quinto resultado valida el resultado sexto y séptimo resultado.

El plan incluye la descripción del sistema analizado, los subsistemas, componentes, responsable de la actividad y ejecución, lo cual garantiza la inocuidad de la máquina analizada.

4.2. Análisis interno

El análisis interno de la investigación inicia con la aseveración de que el trabajo tiene validez interna debido a que se llevó a cabo el número de muestras establecidas estadísticamente por la norma Military Standard 105E (MIL STD 105E) y el total de muestras microbiológicas analizadas arrojan datos que pueden aceptar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo inocuo; ya que son resultados de análisis de laboratorio microbiológico avalados por las regulaciones sanitarias de Guatemala.

La línea de la investigación se enfocó en la gestión del mantenimiento industrial, específicamente, en aseguramiento del programa de mantenimiento, ya que el enfoque de la investigación se basó en desarrollar el mantenimiento preventivo del equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora utilizado en una línea de producción de bebidas gaseosas aplicando conceptos de inocuidad de alimentos, analizando diferentes parámetros que garanticen el cumplimiento del procedimiento.

La necesidad de investigación abarcó los aspectos fundamentales de la planta de producción de bebidas gaseosas: la estrategia competitiva para la producción de bebidas gaseosas basada en la producción de altos volúmenes de producto final y la política principal de la empresa enfocada en producir bebidas gaseosas inocuas para el consumidor final.

La importancia de la solución fue proponer un plan mantenimiento preventivo enfocado en la inocuidad o mantenimiento sanitario del equipo conjunto lavadora, llenadora y taponadora de botellas DGF SERIES 3-IN-1 y propiciar un ambiente de manufactura en condiciones sanitarias iniciales apropiadas y condiciones óptimas operacionales.

El beneficio del estudio consiste en la determinación de las condiciones microbiológicas que las superficies de la maquinaria tienen después de un mantenimiento preventivo. Esto permitió establecer criterios para que la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 fuera considerada inocua después del mantenimiento preventivo realizado y este en disponibilidad de operación.

4.3. Análisis externo

De la Cruz (2014) descubre y concluye un alto porcentaje de incumplimiento exigidos de acuerdo con la norma BRC. Por lo que recomienda la estimación o evaluación imprescindible de la criticidad de instalaciones, maquinaria y equipos, partiendo de ponderaciones bajo, medio y alto, las cuales fueron utilizadas en la investigación. Enfatiza la criticidad de maquinaria y equipo de procesos e instalaciones en su punto más álgido de acuerdo con la calidad, por lo que es menester justipreciar los diferentes elementos si es equipo denominado punto crítico de control (PCC). De este punto se desarrollo la investigación partiendo del análisis de un equipo catalogado como PCC como lo es la máquina conjunta lavadora, llenadora y taponadora DCGF SERIES 3-IN-1.

Schmidt y Erickson (2005) con base en los Aspectos generles de construcción y diseño sanitario de alimentos hace referencia al cariz de superficies de diseño sanitario, tanto de contacto con productos alimenticios, contacto directo, y superficies de contacto sin producto, contacto indirecto. Ambas corren el riesgo de contaminación. Por lo que si la superficie se encuentra contaminada, logicamente el producto que se procesa es de mala calidad, es decir un producto contaminado, tal resultado se reflejó en la investigación ya que los resultados obtenidos de la superficies están en criterios de acptabilidad por lo que se obtubieron productos de buena calidad según los observado.

Un programa de mantenimiento preventivo correspondiente a la industria de alimentos tiene como mayor preocupación ocuparse de equipos y maquinaria. Se propone garantizar un entorno seguro en la preparación de alimentos, por lo que dicho programa debe presentarse por escrito. Estos procedimientos de saneamiento serán respecto a limpieza postmantenimiento, actividad importante que debe notificarse al personal de producción, sanidad, higiene o aseguramiento de calidad, según corresponda. Asimismo, se consolidaron las herramientas y las partes de registro de estimación y la firma del personal autorizado, responsable de la realización de la operación, el cual quedará registrado. De lo anterior se obtuvieron las directrices para la proposición de un plan de mantenimiento preventivo enfocado en asegurar la inocuidad de la maquinaria. Estos conocimientos involucran el documento de Normas Consolidadas de AIB International (año 2,0007), el cual es un aporte y soporte técnico sobre un programa de mantenimiento preventivo referente a la industria de alimentos, lo cual redunda en la Inspección de Programas Prerrequisitos y Seguridad de Alimentos.

En los resultados de investigación de Jiménez (2016), los niveles de UFC de coliformes totales y *escherichia coli* son inminentes y contundentes por lo que se requiere de los procedimientos de limpieza y desinfección con un plan determinado de mantenimiento en la industria de bebidas y alimentos. Estos criterios fueron investigados y son los mismos utilizados, en el caso de la investigación el parámetro de coliformes totales se encuentra en el rango, pero es necesario llevar a cabo un análisis de *escherichia coli* debido a que el de coliformes totales no presentó ausencia y por seguridad se hace el respectivo análisis.

Referencialmente la existencia de la aportación respecto a límites microbiológicos aceptables, los cuales señalan la estimación permisible de

microorganismos existentes en una muestra, que indican la aceptabilidad higiénica sanitaria de una superficie inerte, límites orientados a señales de higiene tales como coliformes totales fueron analizados según la Guía Técnica para análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas (Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA, 2007).

Para que la producción de los artefactos industriales sea eficiente y eficaz, especialmente en alimentos, deben mantenerse en óptimas condiciones, especialmente, en el mantenimiento y limpieza. Por ello, *Baking Industry Sanitation Standards Committee* (2004) en su *Manual de diseño para equipos fácilmente lavables* señala que deben haber procedimientos de desmontaje del equipo, detallados y escritos, proporcionado por el fabricante para dar la oportunidad y facilidad al usuario final, esto fue utilizado para la propuesta de actividades a llevar a cabo en el plan de mantenimiento preventivo, con ayuda del manual de la máquina DCGF SERIES 3-IN-1, cuyo gran beneficio fue la validación de este.

CONCLUSIONES

1. El plan de mantenimiento preventivo inocuo para la máquina DCGF SERIES 3-IN-1 encargada del lavado, llenado y taponado de bebidas gaseosas en envase PET se propuso con la finalidad de mejorar los procesos que garanticen la inocuidad de la planta de producción en análisis. Consta de un estudio cualitativo de la unidad de análisis establecida como la máquina, la propuesta de un documento de gestión de calidad establecido como instructivo el cual detalla las actividades a llevar a cabo y las frecuencias de cuando realizar este tipo de mantenimiento.
2. Los parámetros de aceptación para un mantenimiento preventivo inocuo son bacteriológicos cantidad de coliformes totales y cantidad de *Escherichia Coli*, los cuales se utilizaron con base en la Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA (2007) Guía Técnica para análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas y fueron determinados por medio de análisis microbiológicos en un laboratorio externo a la planta.
3. Los criterios de aceptación se establecen según los rangos referentes a los parámetros, estos se miden en Unidades Formadoras de Colonias UFC y según los análisis realizados las 16 muestras están en el rango de menores a 10 UFC por superficie muestreada.
4. El beneficio obtenido a partir de proponer un plan de mantenimiento preventivo inocuo para la máquina DCGF SERIES 3- IN- 1, es garantizar

que después de la manipulación en mantenimiento preventivo por parte del personal de mantenibilidad existan condiciones inocuas adecuadas para la elaboración de bebidas gaseosas libres de cualquier tipo de contaminación en alimentos ya sea física, química y biológica.

RECOMENDACIONES

1. Contar principalmente con un análisis APPCC es fundamental para llevar a cabo un plan de mantenimiento inocuo en una máquina determinada. Este determinará los equipos que se clasificarán como puntos críticos de control. Este dato permitirá capacitar al personal en la importancia de un mantenimiento preventivo característico para algunos componentes de las maquinarias utilizadas en la producción de alimentos y bebidas.
2. Distinguir entre un parámetro de aceptabilidad de operatividad (temperatura, presión, entre otros) y un parámetro aséptico (microbiológico) es importante ya que los primeros se pueden manejar y estabilizar durante la producción sin embargo los parámetros microbiológicos se manejan únicamente antes de iniciar determinado proceso de producción en este caso el envasado de bebidas gaseosas en envase PET.
3. Verificar constantemente que las superficies de contacto críticas se encuentren dentro de los parámetros microbiológicos establecidos ya que puede haber desviaciones debido a las malas prácticas de mantenimiento preventivo las cuales pueden no estarse llevando a cabalidad.
4. Validar un procedimiento aséptico siguiendo el muestreo estadístico propuesto para que tenga mejor validez la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo inocuo y de esta manera sea de beneficio para la empresa el contar con un procedimiento validado estadísticamente con la aplicación de análisis microbiológicos.

REFERENCIAS

1. BISCC. (2004). *Design Handbook for Easily Cleanable Equipment*. Kansas: Autor. Recuperado de <http://www.bissc.org/designoverview.html>.
2. Camelo, J. (2009). *Propuesta del montaje de una fábrica de láminas de vidrio y productos secundarios a partir de vidrio reciclable* (Tesis de licenciatura). Pontifica Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7255/Tesis243.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
3. Carballo & CIA, S.A. (1986). *Manual de instrucciones y operación*. Argentina: Autor.
4. COMIECO. (2006). 67.01.33:06 ICS 67.020: *Normas del Reglamento Técnico Centroamericano Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales*. Guatemala: MINECO. Recuperado de <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/16RTCA67013306BuenasPracticadeManufactura.pdf>.
5. De la Cruz, M. (2014). *Estudio administrativo en una empackadora de vegetales frescos, para establecer la inversión en infraestructura y maquinaria necesaria para cumplir con la norma mundial de inocuidad de alimentos BRC* (Tesis de maestría). Universidad de

San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://www.repositorio.usac.edu.gt/1505/1/06_3609.pdf.

6. Desrosier, N. (1987). *Elementos de tecnología de alimentos*. México: Compañía Editorial Continental.
7. Díaz, J. (2012). *Plan de Mercadotecnia de la bebida Gaseosa Bimbo Break en la ciudad de Iquitos* (Tesis de maestría). Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. Recuperado de <https://1library.co/document/y4w6o30q-plan-mercadotecnia-bebida-gaseosa-bimbo-break-ciudad-iquitos.html>.
8. Díaz-Concepción, A., Pérez-Rodríguez, F., del Castillo-Serpa, A. y Brito-Vallina, M. (Abril, 2012). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*, 15(1), 34-43. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2251/225123826004>.
9. Duffuaa, S. (2002). *Sistemas de Mantenimiento: Planeación y control*. México: LIMUSA.
10. Gutiérrez, P. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: McGraw-Hill.
11. Guzmán, R. (2014). *Diseño de una planta para la obtención de una bebida carbonatada de jugo clarificado de Mora, por micro filtración tangencial* (Tesis de licenciatura). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8804>.

12. Hachi, J. (2010). *Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET) en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>.
13. Huerta, R. (Septiembre, 2000). El Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ingeniería Mecánica*, 4(2000), 13-19. Recuperado de <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/364/704>.
14. INCONTEC. (2011). *Reporte de sostenibilidad*. Colombia: Autor. Recuperado de https://www.icontec.org/wp-content/uploads/2019/07/reporte_sostenibilidad2011.pdf.
15. ISO. (2018). *ISO 22000:2018(es). Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos — Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Ginebra: Autor. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22000:ed-2:v2:es>.
16. Jiménez, M. (2016). *Evaluación de la calidad microbiológica en superficies inertes en las picanterías de la parroquia el Batán de la ciudad de Cuenca* (Tesis de maestría). Universidad del Azuay, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5472/1/11813.pdf>.

17. Johnson, A. (1974). *Encyclopedia of Food Technology*. Michigan, Estados Unidos: Westport AVI Publishing.
18. MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
19. OMS. (2003). *CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003. Recommended international code of practice general principles of food hygiene*. Ginebra: Autor. Recuperado de <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/importedfoods/guideline/dl/04.pdf>.
20. Orellana, G. (2013). *Guía para la implementación de un sistema de inocuidad de alimentos según Norma ISO 22000:2005 En una industria de alimentos* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/MAIES125.pdf>.
21. Ortiz, S. (2012). *Procedimientos operativos estándar de sanitización (POES) en la preparación de alimentos en puntos de venta (localidades) en una empresa de alimentos* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3402.pdf.
22. Resolución Ministerial No. 461-2007/MINSA. *Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contactos con alimentos y bebidas*. Ministerio de Salud del Perú. Perú. 5 de julio de 2007.

23. Schmidt, R. y Erickson, D. (Mayo, 2005). Design and Construction of Food Processing and Handling Facilities. *Food Science and Human Nutrition Department, UF/IFAS Extension, 1*, 1-9. Recuperado de <https://pdf4pro.com/view/sanitary-design-and-construction-of-food-176184.html>.
24. UNE. (2019). *UNE-EN ISO 18593:2019. Microbiología de la cadena alimentaria. Métodos horizontales para toma de muestras de superficies*. Ginebra: Autor. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061633>.
25. Woodroof, J., Phillips, F. (1981). *Bebidas: carbonatadas y no carbonatadas*. USA: Publicaciones AVI Co. Inc.
26. Zhangjiganbaiiong Han Dong Machinery CO. (2008). *Manual de operación máquina DCGF series 3-in-1*. China: Autor.
27. Fábrica de bebidas carbonatadas. (2009). *Manual de calidad e inocuidad alimentaria*. Guatemala: Autor.

ANEXOS

Anexo 1. Formato selección de herramienta de mejora industrial

Formato Selección de herramienta de mejora industrial		Código:	
		Versión: Página: 1 de 1	

Nombre analista: Ing. Víctor Chen
 Aplicación: Selección de herramienta de diagnóstico
 Fecha de inicio: 5-1-2020 Fecha de finalización: 20-1-2020

Herramienta de mejora industrial	características	aplicabilidad		facilidad		impacto		Tiempo		total
		peso		peso		peso		peso		
		35 %CA	N12	35 %CF	N12	20 %CI	N12	10 %NI	N12	
KAIZEN	Mantenimiento progresivo (estandarización)	Aplica	10	Dificultad media	5	Gradual	10	Mediano	5	7.75
CINCO S (5S)	Cambio de la forma de trabajo.	Aplicación media	5	Dificultad baja	10	Poco	5	Corto	10	7.25
LEAN SIX SIGMA	Mezcla entre maximizar productividad y control estadístico.	Aplica	10	Dificultad media	5	Gradual	10	Mediano	5	7.75
MODA 7 DESPERDICIOS	Eliminación de todo lo contrario a valor añadido	No aplica	1	Dificultad baja	10	Nulo	1	Corto	10	5.05

Nota: Total = ((N11* %CA)+ ((N12* %CF)+ ((N13* %CI)+ ((N14* %CS)) / 100

Tabla de valoración

Numero de importancia (N1)	Criterio de aplicabilidad (CA)	Criterio de facilidad (CF)	Criterio de impacto (CI)	Criterio de tiempo (CT)
1	no aplica	dificultad alta	nulo	largo
5	aplicación media	dificultad media	poco	mediano
10	aplica	dificultad baja	gradual	corto

Datos Pareto

Herramienta según importancia	Total Pareto	%	% acumulado
Lean Six Sigma	7.75	27.87	27.87
Kaizen	7.75	27.87	55.75
Cinco S (5 S)	7.25	26.09	81.83
Moda 7 desperdicios	5.05	18.16	100
sumatoria	27.80	100	

Tabla determinación de %

critérios	peso en %	razón
Aplicabilidad	35	Del 100% es el criterio más importante para la empresa ya que es necesario que se adapte al proceso.
Impacto	35	Para la empresa es necesario obtener buenos resultados.
Facilidad	20	Puede ser de fácil o compleja utilización pero tiene que ser aplicable y de alto impacto.
Tiempo	10	El departamento de calidad e inocuidad quiere implementar por lo que hay tiempo necesario.

Firma analista: _____ Sello: _____

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 2.

Guía de Diagnóstico Kaizen para Inocuidad

GUÍA DIAGNÓSTICO KAIZEN				CODIGO: DIAG-001	
				FECHA:	
				PAG. 1/1	
				VERSION: 1	
				HERRAMIENTAS:	
				Mente abierta. Cuestionamiento. Curiosidad.	
				CUANDO:	
				Tiempo de período del diagnóstico.	
				COMO:	
				Observación. Tomar nota. Conversar con personal.	
Variable de implicación a analizar: inocuidad					
PREGUNTAS - INOCUIDAD					
¿Se cuenta con una normativa base sobre mantenimiento inocuo para llevar a cabo la actividad de mantenimiento?	verificación de agua	verificación de aire comprimido	instalaciones de proceso (sótanos de equipo, techos, ventanas, escaleras, pisos, lámparas, paredes)	exterior de maquinaria y equipo	interior de maquinaria y equipo
¿Existen procedimientos e instructivos para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo inocuo?	si	No	si	si	si
¿Esta definido quien va llevar a cabo el mantenimiento preventivo inocuo?	N/A	N/A	si	no	no
¿Existen registros o antecedentes sobre limpieza y sanitización de maquinaria y equipo?	N/A	N/A	si	no	no
¿Cómo se monitorea y verifica que se ha llevado a cabo la sanitización después del mantenimiento?	N/A	N/A	si	únicamente para limpieza	algunas fotos con fecha
¿Se cuentan con certificados de aprobación de los químicos a utilizar?	N/A	N/A	si	se registran formatos de control y archivo de resultados de análisis microbiológicos por empresa externa	poca evidencia
¿Existe entrenamiento para el personal de mantenimiento?	N/A	N/A	si	se cuenta con un plan de capacitación anual y el personal nuevo es guiado por personal antiguo	si
¿Se tienen establecidos las especificaciones, parámetros o límites permitibles de limpieza y sanitización antes durante y después del mantenimiento?	N/A	N/A	si	si	poco respecto al tema en el plan anual de capacitación y poco entrenamiento sobre el tema
	N/A	N/A	si	si	si

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 3. **Guía de Diagnóstico Kaizen para Tiempo**

GUJA DIAGNOSTICO KAIZEN		CODIGO: DIAG-001			
		FECHA:			
		VERSION: 1	PAG. 1/1		
		HERRAMIENTAS	CUANDO	COMO	
		Miente abierta. Cuestionamiento. Curiosidad.	Tiempo de periodo del diagnóstico.	Observación. Tomar nota. Conversar con personal.	
Variable de implicación a analizar: Tiempo					
PREGUNTAS - TIEMPO	verificación de agua	verificación de aire comprimido	PARA: instalaciones de proceso(sótanos de equipo, techos, ventanas, escaleras, pisos, lámparas, paredes)	exterior de maquinaria y equipo	interior de maquinaria y equipo
¿Se tiene establecido el tiempo Estándar para llevar a cabo el proceso de mantenimiento preventivo inocuo?	N/A	N/A	no	No	no
¿Se tiene coordinación con el departamento de producción y el tiempo de sanitización y muestreo para análisis microbiológico?	existe coordinación	existe coordinación	existe coordinación	existe coordinación	existe poca coordinación
¿Esta definida correctamente la frecuencia de mantenimiento preventivo inocuo?	N/A	N/A	si	si	no
¿Existen registros o antecedentes sobre tiempos y frecuencias de limpieza y sanitización?	N/A	N/A	no	No	no
¿El personal conoce y es consciente del tiempo disponible para el mantenimiento preventivo inocuo?	N/A	N/A	no	No	no

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 4.

Guía de Diagnóstico Kaizen para Seguridad

GUÍA DIAGNOSTICO KAIZEN		CODIGO: DIAG-001			
		FECHA:			
		VERSION: 1	PAG. 1/1		
Variable de implicación a analizar: Seguridad		HERRAMIENTAS	CUANDO	COMO	
				Mente abierta. Cuestionamiento. Curiosidad.	Tiempo de periodo del diagnóstico.	Observación. Tomar nota. Conversar con personal.
PARA:					
PREGUNTAS - SEGURIDAD	verificación de agua	verificación de aire comprimido	instalaciones de proceso(sótanos de equipo, techos, ventanas, escaleras, pisos, lámparas, paredes)	interior de maquinaria y equipo	exterior de maquinaria y equipo
¿Se cuentan con formatos de indumentaria y equipo de seguridad a utilizar para el mantenimiento preventivo inocuo y respectivo muestreo para análisis microbiológico?	N/A	N/A	se cuenta con el formato de inspección de equipo de seguridad Codigo: FO-DOI-XX	se cuenta con el formato de inspección de equipo de seguridad Codigo: FO-DOI-XX	se cuenta con el formato de inspección de equipo de seguridad Codigo: FO-DOI-XX
¿Se cuenta con instructivos de manipulación de productos químicos utilizados en el mantenimiento?	N/A	N/A	existen, proporcionados por los proveedores ubicados en el Leitz de insumos	existen, proporcionados por los proveedores ubicados en el Leitz de insumos	existen, proporcionados por los proveedores ubicados en el Leitz de insumos
¿Se tienen registros o antecedentes de accidentes por procesos de mantenimiento preventivo?	no	no	si	no	si

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 5. **Guía de Diagnóstico Kaizen para Costo**

GUIA DIAGNOSTICO KAIZEN		CODIGO: DIAG-001	
		FECHA:	
		VERSION: 1	PAG. 1/1
		HERRAMIENTAS	COMO
Variable de implicación a analizar: Costo		Mente abierta. Cuestionamiento. Curiosidad.	Observación. Tomar nota. Conversar con personal.
PARA:			
PREGUNTAS - COSTO	verificación de agua	instalaciones de procesos (sótanos, escaleras, pisos, lámparas, paredes)	interior de maquinaria y equipo
¿Se cuenta con una estimación de costo de mano de obra por frecuencia de mantenimiento preventivo inocuo? (incluye análisis microbiológicos)	por ser solo verificación de agua solo se toma en cuenta el costo del análisis microbiológico por ser una empresa externa que proporciona el servicio.	No existe ya que no están establecidos los tiempos para cada frecuencia únicamente están los costos de análisis microbiológicos respecto a ambientes.	Únicamente se pudo establecer el costo por frecuencia de los análisis microbiológicos de superficies de válvulas de salida de líquido final
¿Se cuenta con una estimación de costos de insumos por frecuencia de mantenimiento preventivo inocuo?	N/A	Se cuenta con la facturación con precio del producto total y no por cantidad utilizada en cada frecuencia. (leitz registro de compras, cotizaciones y facturación)	Se cuenta con la facturación con precio del producto total y no por cantidad utilizada en cada frecuencia. (leitz registro de compras, cotizaciones y facturación)
¿Se cuenta con una estimación de costo por depreciación de utensilios a utilizar por frecuencia de mantenimiento preventivo?	N/A	Únicamente con el costo de cada instrumento o utensilio	Únicamente con el costo de cada instrumento o utensilio
¿Se cuenta con una estimación de costos de energía utilizada por mantenimiento preventivo?	N/A	ninguna únicamente se establecen los costos de energía utilizada por producción	ninguna únicamente se establecen los costos de energía utilizada por producción

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 6. Mantenimiento preventivo actual

Tarea		Ítems		
Lavadora de Envase de vidrio		Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Limpieza de tubos de enjuague en salida de envase	Nicolás	Antes de cada llenada	
2	Limpieza de bandejas de tubos de enjuague	"		
3	Lubricación los cojinetes de los ejes de la cadena			"
4	Purga de trampas de vapor.	Eligio		"
5	Carga de tanque de lavado.	Israel	Cuando sea necesario	Sosa cáustica
6	Cambiar el jabón lubricante	Silverio	Antes de cada llenada	Dicolub
	Preventivo			
1	Tensor cadena de canastas	Operadores	c/3 meses	
2	Apretar tornillos de canastas	"	c/2 meses	
3	Limpieza de tanques # 1	"	c/3 meses	
4	Limpieza tanque # 2	"		
Llenadora de Vidrio		Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Llenar deposito del lubricador de los pistones y de la coronadora.	Operador	Diario	Aceite SAE 30
2	Lubricar cada mariposa de las válvulas	"	"	Verkofod WR-2
3	Purgar las trampas de agua de la línea de aire.	"	Diario	
		"	C/ 3 meses	Aceite SAE 140
	Preventivo	Responsable	Frecuencia	Producto
1	Cambio de aceite de caja reductora	Operador	c/6 meses	
2	Revisar tensión de cadenas motrices	"	c/mes	
3				
Llenadora de PET		Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Engrase de engranajes inferiores y cojinetes.	Carlos	C/ semana	Grasa 90
2	Lubricación de mariposas de válvulas.	"	Diario	Grasa Blanca
3	Saneamiento de interior y válvulas.	"	Diario	Alox
4	Revisión y Cambio de cojinetes de válvulas.	"	Cuando sea necesario	
5	Revisión y Cambio de cojinetes de las estrellas.	"	"	
6	Revisión y cambio de empaque de válvulas	"	"	
	Preventivo	Responsable	Frecuencia	Producto
	Cambio de cojinetes de válvulas			
	Cambio de cojinetes de estrellas			
	Afilar media luna de cada taponador			
Sistema de Refrigeración		Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Reemplazo del agua de los condensadores evaporativos.	Israel		
2	Diario: Purga de aceite en intercambiador y trampa.	"		
3	Nivelación de aceite capella 68	"	Cuando sea necesario	Capella WF 68

Continuación del anexo 6.

4	Limpieza de canales de agua del condensador	"	C/ 3 meses	
5	Revisar nivel aceite compresor	"	Semanal	Capella WF 68
	Preventivo	Responsable	Frecuencia	Producto
	Reparación de compresor	Gerente de producción	C/2 años	
	pintura de tubería			
	Caldera	Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Diario: Purga de las dos llaves.	Eligio	Diario	
2	Agregar un litro de aditivo SQI-900 y de SQI-1600	"	Semanal	
3	Limpieza de tubos de tubos de fuego y lavado de interior, cambio de empaque	Promaquisa	C/ 6 meses	
	Codificador	Responsable	Frecuencia	Producto
1	Diario: limpieza de la cabeza impresora		Semanal	
2	Verificar los niveles de los fluido	"	Diario	
3	Cambio de insumos, tinta y make-up	"	Según nivel	
	Tratamiento de Agua	Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Reactor, revisar el nivel de tanque.	Avelino	Diario	
2	Purgar el tanque y retrolavado.	"	operario	
3	Cambio de aceite del reductor y revisar tensión de la faja.	"	C/ 6 meses	SAE 90
4	Cambio de filtros de cartucho.	"	C/ 4 meses	
5	Dosificador	"	Diario	
6	Lavado del tanque del dosificador de cloro.	"	Cada mes.	
	Preventivo	Responsable	Frecuencia	Producto
	Pintura de tanques	Jefe producción	C/2 años	
	Cambio de bulbo UV	"	c/año	
	Empacadora	Responsable	Frecuencia	Producto
	Operativo			
1	Limpiar chuchilla del sello	Nicolás		
2	Lubricar cadena del horno	"	C/mes	Alta Temperatura
3	Cambio de teflón de cuchilla			
	Preventivo	Responsable	Frecuencia	Producto
	Cambio de resistencias			
	Lubricar cadena del horno	c/mes		
	Cambio de resistencias de rodillos			
	Cambio de manguera de teflón			
	Tanques de Jarabes	Responsable	Frecuencia	Producto
	Preventivo			
1	Cambio de faja y cojinete del agitador.	Operador	C/año	

Continuación del anexo 6.

Compresor de Aire		Responsable	Frecuencia	Producto
	Preventivo			
1	Purga de tanque recibidor.	Israel	Diario	
2	Cambio de aceite.	"	C/ 4 meses	Compresor Gard 150
	Revisar tensión de fajas	c/mes		
Edificio		Responsable	Frecuencia	Producto
1	Pintura de paredes y techo	Fidel y Silverio	c/año	

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.

Anexo 7. Procedimiento de toma de muestras

7.3. Procedimiento para la toma de muestra

7.3.1. Método del hisopo

a) Descripción:

Consiste en frotar con un hisopo estéril previamente humedecido en una solución diluyente, el área determinada en el muestreo.

b) Materiales:

- o Hisopos de algodón u otro material equivalente, de largo aproximado de 12 cm.
- o Tubo de ensayo con tapa hermética conteniendo 10 mL de solución diluyente estéril. Se agregará una solución diluyente con neutralizante como alternativa. (Ver Anexo 1).
- o Plantilla estéril, con un área abierta en el centro de 100 cm² (10cm x 10cm) o alternativamente, plantilla estéril, con un área abierta en el centro de 25 cm² (5 cm x 5 cm).
- o Guantes descartables de primer uso.
- o Protector de cabello.
- o Mascarillas descartables.
- o Plumón marcador indeleble (para vidrio).
- o Caja térmica.
- o Refrigerantes.

Procedimiento:

1. Colocar la plantilla (10cm x 10cm) sobre la superficie a muestrear.
2. Humedecer el hisopo en la solución diluyente y presionar ligeramente en la pared del tubo con un movimiento de rotación para quitar el exceso de solución.
3. Con el hisopo inclinado en un ángulo de 30°, frotar 4 veces la superficie delimitada por la plantilla, cada una en dirección opuesta a la anterior. Asegurar el hisopado en toda la superficie.
4. En el caso de utilizar la plantilla de 5cm x 5cm, repetir esta operación 3 veces más, en lugares diferentes de la misma superficie, para obtener 100 cm².
5. Colocar el hisopo en el tubo con la solución diluyente, quebrando la parte del hisopo que estuvo en contacto con los dedos del muestreador, la cual debe ser eliminada.
6. Para superficies irregulares, en el caso de utensilios, se repetirá la operación con 3 utensilios más (total 4 como máximo), con el mismo hisopo, considerando el área que está en contacto con el alimento o con la boca.
7. Si no se toman las 4 muestras, se debe anotar en la Ficha de Toma de Muestra.

Conservación y Transporte de la muestra

Las muestras se colocarán en un contenedor isotérmico con gel refrigerante, el cual se distribuirá uniformemente en la base y en los laterales, para asegurar que la temperatura del contenedor no sea mayor de 10°C, a fin de asegurar la vida útil de la muestra hasta su llegada al laboratorio. El tiempo de transporte entre la toma de muestra y la recepción en el laboratorio estará en función estricta de dicha temperatura, no debiendo exceder las 24 horas y excepcionalmente las 36 horas.

Se deberá registrar la temperatura del contenedor al colocar las muestras y a la llegada al laboratorio con la finalidad de asegurar que las mismas hayan sido transportadas a la temperatura indicada. Las temperaturas superiores a 10°C invalidan la muestra para su análisis.

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Fábrica de bebidas carbonatadas.