



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

**DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO
DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A. / GORDIAN®**

Luis Alberto Calmo Galindo

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO
DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A. / GORDIAN®**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS ALBERTO CALMO GALINDO

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A. / GORDIAN®

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 28 de octubre de 2015.



Luis Alberto Calmo Galindo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 03 de agosto de 2016
Ref.EPS.DOC.487.08.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Alberto Calmo Galindo** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201114249, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A./GORDIAN®**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 03 de agosto de 2016
REF.EPS.D.313.08.16

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

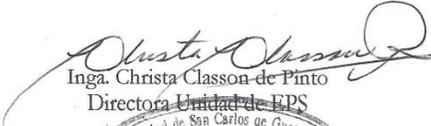
Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A./GORDIAN®**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Alberto Calmo Galindo** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

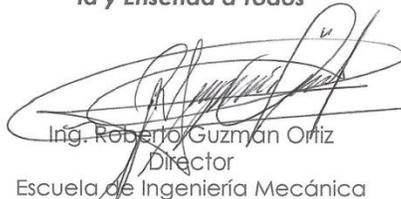


CCdP/ra

Ref.E.I.M.014.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S.A. / GORDIAN®** del estudiante **Luis Alberto Calmo Galindo**, CUI **2072-25281-1301**, carné estudiantil No. **201114249** procede a la autorización del mismo para su revisión.

"Id y Enseñad a Todos"



Ingr. Roberto Guzman Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, enero de 2017
/cej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 225.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO Y PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO PARA LA EMPRESA COMERAGUA S. A./GORDIAN®**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Alberto Calmo Galindo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su constante presencia y bendiciones durante toda mi vida.
Mis padres	Luis Calmo y Olga Galindo de Calmo, por su gran amor y apoyo incondicional.
Mis hermanos	Estuardo y Cecilia Calmo, por alentarme a seguir adelante con mis estudios.
Mi abuela	Aura Alvarado, por ser una mujer trabajadora y valiente para sus seres queridos.
Mi abuelo	Eufemio Calmo (q. e. p. d.), por haber sido un hombre humilde, dedicado Dios y a su familia.
Mi familia en general	Tíos, primos y sobrinos, por sus oraciones y formar parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios en donde he aprendido tantas cosas.
Facultad de Ingeniería	Por ser la mejor Facultad en la que pude haber estudiado.
Comeragua S.A./Gordian®	Por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto de EPS en sus instalaciones.
Mis amigos de la Facultad	Por haber compartido buenos y malos momentos en mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la empresa	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia	3
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores	4
1.1.6. Organigrama.....	4
1.2. Descripción del problema	6
1.3. Fundamento teórico.....	7
1.3.1. El agua de coco.....	7
1.3.1.1. Requisitos del agua de coco.....	8
1.3.1.2. Calidad e inocuidad	8
1.3.1.3. Características.....	10
1.3.2. Requisitos del coco.....	11
1.3.2.1. Selección del tipo de coco	11
1.3.2.2. Recolección	12

1.3.2.3.	Manipulación después de la recolección	13
1.3.3.	Embotellado de bebidas	14
1.3.3.1.	Proceso	14
1.3.3.2.	Embotellado lineal o con paros	15
1.3.3.3.	Embotellado continuo o circular	15
1.3.4.	Maquinaria y equipos comunes.....	16
1.3.4.1.	Transporte de envases.....	16
1.3.4.2.	Enjuagador de botellas.....	16
1.3.4.3.	Llenadora	17
1.3.4.4.	Taponadora	17
1.3.4.5.	Empacadora	17
1.3.4.6.	Paletizadora	18
1.3.4.7.	Tanques de acero inoxidable	18
1.3.4.8.	Pasteurizadores y enfriadores.....	18
1.3.4.9.	Etiquetadora	19
1.3.4.10.	Codificador	19
1.3.4.11.	Sistema CIP	20
1.3.4.12.	Medidores de nivel del producto.....	20
1.3.4.13.	Controladores electrónicos.....	21
1.3.5.	El mantenimiento.....	21
1.3.5.1.	Tipos y niveles de mantenimiento	22
1.3.5.1.1.	Mantenimiento correctivo.....	23
1.3.5.1.2.	Mantenimiento preventivo.....	23
1.3.5.1.3.	Mantenimiento predictivo.....	24
1.3.5.2.	Gestión de repuestos	25

	1.3.5.2.1.	Selección de las piezas a mantener en <i>stock</i>	25
	1.3.5.2.2.	Fijar el nivel de existencias.....	26
	1.3.5.2.3.	Gestión de stocks	27
1.3.6.		Programas de diseño mecánico	28
	1.3.6.1.	SolidWorks 2 014.....	28
2.		FASE DE INVESTIGACIÓN	31
2.1.		Usos del agua potable en la planta Comeragua S.A. / Gordian®.....	31
2.2.		Áreas de uso excesivo de agua potable en Comeragua S.A. / Gordian®	31
	2.2.1.	Clasificadora de aguacate	32
	2.2.2.	Lavado de cajillas	32
	2.2.3.	Lavado de maquinaria de guacamol.....	32
2.3.		Cálculo de caudal de agua usada en las zonas estudiadas	33
2.4.		Sistemas de ahorro de agua para cada zona estudiada	34
	2.4.1.	Propuesta de reutilización de agua en clasificadora.....	35
	2.4.2.	Propuesta de máquina lavadora de cajillas	36
	2.4.3.	Propuesta de hidrolavadora para el lavado de máquinas de guacamol.....	38
2.5.		Porcentaje de ahorro esperado	39
	2.5.1.	Ahorro esperado de agua en clasificadora	39
	2.5.2.	Ahorro esperado de agua en lavado de cajillas	40
	2.5.3.	Ahorro esperado de agua en el lavado de máquinas de guacamol.....	41

2.5.4.	Reducción del consumo de energía esperado de la bomba de distribución.....	42
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	47
3.1.	Equipos disponibles en Comeragua S.A. / Gordian®.....	47
3.1.1.	Cortadora de coco.....	47
3.1.2.	Llenadora	48
3.1.3.	Taponadora	49
3.1.4.	Banda transportadora de acero inoxidable.....	51
3.1.5.	Tinas de acero inoxidable.....	51
3.1.6.	Aplicador de película termoencogible.....	52
3.1.7.	Horno eléctrico	53
3.1.8.	Banda transportadora tipo faja	54
3.1.9.	Máquina de pasteurización en frío.....	55
3.2.	Proceso de embotellado de agua de coco	56
3.2.1.	Equipos propuestos faltantes para el proceso.....	57
3.2.1.1.	Estructura de recepción de cocos	57
3.2.1.1.1.	Especificaciones técnicas.....	58
3.2.1.2.	Transportador de rodillos.....	59
3.2.1.2.1.	Especificaciones técnicas requeridas	60
3.2.1.3.	Cepilladora de coco.....	61
3.2.1.3.1.	Especificaciones técnicas requeridas	61
3.2.1.4.	Tina de sanitizado	62
3.2.1.5.	Elevador modular	62
3.2.1.5.1.	Selección de la banda modular	63

	3.2.1.5.2.	Determinación de la capacidad usada	66
3.2.1.6.		Estructura para la cortadora de cocos	70
	3.2.1.6.1.	Dimensiones.....	71
	3.2.1.6.2.	Cálculo de la estructura	73
3.2.1.7.		Tanques de acero inoxidable.....	79
3.2.1.8.		Bombas centrífugas de grado alimenticio.....	80
	3.2.1.8.1.	Especificaciones técnicas requeridas	81
	3.2.1.8.2.	Cálculo de potencia requerida	81
3.2.1.9.		Filtros.....	90
	3.2.1.9.1.	Especificaciones técnicas requeridas	91
3.2.1.10.		Intercambiador de calor y equipo auxiliar	92
	3.2.1.10.1.	Especificaciones técnicas del enfriador de agua	93
	3.2.1.10.2.	Especificaciones técnicas del intercambiador de placas	94
3.2.1.11.		Mesas giratorias de acumulación	95

	3.2.1.11.1.	Especificaciones de la mesa de salida de envase.....	95
	3.2.1.11.2.	Especificaciones de la mesa de botellas llenas.....	97
3.2.1.12.		Enjuagador de botellas.....	98
	3.2.1.12.1.	Especificaciones técnicas requeridas	98
3.2.1.13.		Elevador de tapas	99
	3.2.1.13.1.	Diseño propuesto	99
3.2.1.14.		Codificador	101
3.2.1.15.		Mesa de acumulación de paquetes	102
	3.2.1.15.1.	Especificaciones técnicas propuestas	102
3.2.1.16.		Sistema CIP opcional	103
	3.2.1.16.1.	Bomba centrífuga.....	104
	3.2.1.16.2.	Tanques de acero inoxidable.....	104
	3.2.1.16.3.	Accesorios.....	104
3.2.2.		Distribución de la línea de embotellado de agua de coco.....	106
	3.2.2.1.	Plano de la fase del manejo de coco..	106
	3.2.2.2.	Plano de la fase del tratamiento de agua de coco.....	108
	3.2.2.3.	Plano de la fase de llenado	109
	3.2.2.4.	Distribución completa de la línea.....	110
3.2.3.		Descripción del proceso de embotellado.....	111
	3.2.3.1.	Diagrama de flujo	114

3.3.	Generación de un plan de mantenimiento	116
3.3.1.	Establecimiento de la criticidad de los equipos.....	116
3.3.1.1.	Criterios para la asignación de criticidad	117
3.3.1.2.	Designación a usar para la clasificación	117
3.3.1.2.1.	Equipos tipo A	118
3.3.1.2.2.	Equipos tipo B	118
3.3.1.2.3.	Equipos tipo C	118
3.3.1.2.4.	Equipos tipo D	119
3.3.1.3.	Orden de criticidad según designación.....	119
3.3.1.3.1.	Listado de equipos tipo ABC	119
3.3.1.3.2.	Listado de equipos tipo AB, AC, BC	120
3.3.1.3.3.	Listado de equipos con una sola designación	121
3.3.2.	Administración del mantenimiento	121
3.3.2.1.	Tipo de mantenimiento a brindar	122
3.3.2.2.	Personal técnico encargado del mantenimiento	122
3.3.2.3.	Clasificación de las tareas de mantenimiento	124
3.3.2.4.	Establecimiento de la frecuencia para realizar tareas.....	125
3.3.2.5.	Creación de formatos para rutinas de mantenimiento	126

3.3.2.6.	Creación de formatos para órdenes de trabajo	130
3.3.2.7.	Creación de formatos de ejecución de trabajo	132
3.3.2.8.	Creación de fichas técnicas de los equipos.....	133
3.3.2.9.	Creación de formatos para control de órdenes de trabajo	134
3.3.2.10.	Creación de formato de requisición de repuestos.....	135
4.	FASE DE DOCENCIA.....	137
4.1.	Objetivos	137
4.2.	Capacitación al personal de mantenimiento sobre el procedimiento correcto de mantenimiento	137
4.2.1.	Orden antes de realizar una tarea de mantenimiento.....	137
4.2.2.	Uso correcto de herramientas	138
4.2.3.	Cuidado de los procedimientos en áreas críticas ..	138
4.2.4.	Qué hacer después de realizar una tarea de mantenimiento.....	139
4.2.5.	Lubricantes permitidos en máquinas de Comeragua S.A. / Gordian®.....	139
4.3.	Capacitación al personal de mantenimiento sobre programa 5S.....	140
4.3.1.	En qué consiste el plan 5S.....	140
4.3.2.	Etapas del plan 5S	140
4.3.3.	Beneficios.....	141

CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFÍA.....	147
APÉNDICES	149
ANEXOS	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Gordian®	2
2.	Organigrama general de Gordian®	5
3.	Cortadora de coco	48
4.	Llenadora Y.K.M. GC-12	49
5.	Taponadora Y.K.M YQX-3.....	50
6.	Banda transportadora de acero inoxidable.....	51
7.	Tinas de acero inoxidable.....	52
8.	Aplicador de película termoencogible.....	53
9.	Horno eléctrico	54
10.	Máquina AVUREQFP 100L.....	56
11.	Estructura de recepción de cocos	59
12.	Transportador de rodillos.....	60
13.	Cepilladora de cocos	62
14.	Elevador modular	67
15.	Habasit LINK-SeleCalc.....	70
16.	Vistas de estructura de cortadora de coco	72
17.	Estructura para la cortadora de coco	72
18.	Cálculo de vigas de acero VR101 Alpha	79
19.	Ejemplo de aplicación de sensores conductivos	80
20.	Diagrama de bomba centrífuga 1	84
21.	Diagrama de bomba centrífuga 2	87
22.	Intercambiadores de placas TS6-M y AlfaNova 76-80H	95
23.	Mesa de salida de envase	96

24.	Mesa de botellas llenas.....	97
25.	Lavadora automática Y.K.M. ZPC – 12.....	99
26.	Elevador de tapas de tipo cangilones	100
27.	Medidas de elevador de tapas de tipo canjilones	101
28.	Mesa de acumulación de paquetes	103
29.	Diagrama de sistema CIP	105
30.	Fase del manejo de coco	107
31.	Fase de tratamiento de agua de coco.....	108
32.	Fase de llenado	109
33.	Distribución completa de la línea	110
34.	Diagrama de flujo.....	115
35.	Rutinas diarias de mantenimiento.....	127
36.	Rutinas de mantenimiento por semana.....	128
37.	Orden de trabajo	131
38.	Ejecución de trabajos de mantenimiento	132
39.	Fichas técnicas de equipos.....	133
40.	Control de órdenes de trabajo.....	134
41.	Requisición de repuestos.....	135

TABLAS

I.	Valores de Le.....	74
II.	Máximos valores de flecha permisible	77
III.	Pérdidas de accesorios 1.....	85
IV.	Pérdidas de accesorios 2.....	88
V.	Listado de equipos de dos letras	120
VI.	Listado de equipos con una sola designación	121

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$h_{llenadora}$	Altura de espejo de agua de llenadora
$htq1$	Altura de espejo de agua de tanque 1
$htq2$	Altura de espejo de agua de tanque 2
A	Amperes
bot/h	Botellas por hora
<i>btu h</i>	<i>British thermal unit</i> por hora
HP	Caballos de potencia
P _{cr}	Carga crítica
CDT	Carga dinámica total
Q	Caudal
Q _{clas}	Caudal de clasificadora
Q _{lavmaq}	Caudal de lavado de máquinas
Q _{cajas}	Caudal del lavado de cajas
cm	Centímetro
C	Constante de fricción en tuberías según material
D	Diámetro
η	Eficiencia
Gal	Galón
gpm	Galones por minuto
°	Grado
°C	Grado Celsius
g	Gramo
Hz	Hercio

h	Hora
kg	Kilogramo
kWh	Kilovatios hora
psi	Libra sobre pulgada cuadrada
l	Litro
L	Longitud
Le	Longitud efectiva
®	Marca registrada
m	Metro
m³	Metro cúbico
ml	Mililitro
mm	Milímetro
E	Módulo de elasticidad
I	Momento de inercia
N	Newton
Pa	Pascal
hf	Pérdidas por fricción
h_{Ac}	Pérdidas por fricción en accesorios
h_p	Pérdidas por presión
π	Pi
%	Porcentaje
Pelec	Potencia eléctrica
“	Pulgadas
rad/s	Radian sobre segundo
r	Radio de giro
rpm	Revolución por minuto
s	Segundo
W	Vatio
v	Voltio

GLOSARIO

AISI	Instituto Americano de Hierro y Aceros.
Biunívoca	Que corresponde con otro.
Caducidad	Pérdida de la utilidad para el consumo.
Cangilón	Recipiente usado para la carga o elevación de materiales.
<i>Check-list</i>	Lista de comprobación.
Chikungunya	Enfermedad vírica transmitida por mosquitos.
Chiller	Enfriador de líquido, principalmente agua.
CIP	Limpieza en sitio.
Criticidad	Establece la jerarquía en tareas o proyectos.
<i>Espreas</i>	Derivado del inglés que significa pulverizador.
Grado brix	Medida de la concentración de sal o sacarosa disuelta en un líquido.
HACCP	Análisis de riesgos y puntos críticos de control.

HDPE	Polietileno de alta densidad.
HPP	Procesamiento de alta presión.
Isotónico	Bebida con gran capacidad de rehidratación.
KOSHER	Certificación de alimentos que significa adecuados o apto.
LabVIEW	Herramienta gráfica de programación para ingeniería.
LDPE	Polietileno de baja densidad.
Microorganismos	Seres vivos de tamaño microscópico que pueden ser dañinos para el ser humano.
Pesticida	Químico usado para eliminar o reducir plagas o pestes.
PET	Polietileno tereftalato, polímero muy utilizado para envases y otros recipientes.
pH	Coeficiente que indica la acidez o alcalinidad de una disolución.
PLC	Controlador lógico programable, utilizado para procesos automatizados.

Preservante	Aditivo que detiene el deterioro de los alimentos por acción de microorganismos.
Rain Forest Alliance	Organización no gubernamental internacional para la protección y el aprovechamiento sostenible de bosques nativos del mundo.
Retail	Empresas especializadas que comercializan productos o servicios de forma masiva.
Sanitizante	Agente que reduce la presencia de microorganismos en una superficie o ambiente.
Stock	Inventario o existencias.
Stretch film	Plástico flexible ideal para envolver un producto.
Transmitancia	Magnitud que expresa la cantidad de energía que atraviesa por un cuerpo.
Trasegar	Pasar un líquido de un recipiente a otro.
Vida anaquel	Periodo entre la manufactura y venta al por menor de un alimento con una calidad satisfactoria.

RESUMEN

Al realizar cualquier tipo de diseño es necesario contar con un marco teórico que dé soporte al proyecto, por lo que se toman en cuenta conceptos relacionados al agua de coco, sus propiedades y cuidados, así también, lo más indispensable del embotellado de bebidas, teoría básica del mantenimiento y los programas de diseño mecánico.

En la fase de investigación se desarrolla el ahorro de agua en distintas zonas de la planta Gordian®, en cada zona se utiliza agua de manera constante, por lo que es necesario replantear su mejor aprovechamiento con nuevas propuestas como alternativas a los procedimientos actuales.

El diseño de la línea de embotellado de agua de coco se desenvuelve en la fase de servicio técnico profesional, en esta se presentan los equipos que estarían funcionando algunos con un diseño especial de acuerdo a las especificaciones requeridas. Se presentan además, los planos de las tres zonas principales de la línea y el plan de mantenimiento adecuado para el proyecto. Por último, en la fase de docencia se muestran los temas de las capacitaciones brindadas a los empleados del área de mantenimiento, estos son importantes en el desarrollo de las actividades diarias de mantenimiento.

OBJETIVOS

General

Diseñar una línea de embotellado de agua de coco para la empresa Comeragua S.A. / Gordian® y establecer el plan de mantenimiento de los equipos y maquinaria a utilizar.

Específicos

1. Determinar los equipos necesarios para el embotellado de agua de coco y sus capacidades de trabajo.
2. Establecer la distribución y posición final de la maquinaria para el proceso de producción.
3. Determinar la criticidad de los equipos y máquinas en el embotellado de agua de coco para darles prioridad en el plan de mantenimiento.
4. Generar un plan de mantenimiento eficiente con la información de la maquinaria y equipos.

INTRODUCCIÓN

Las bebidas embotelladas son consumidas en la mayoría de los países debido a su facilidad de distribución, almacenaje y transporte. Hay diferentes tipos de bebidas, dentro de las cuales se podrían clasificar en naturales y artificiales; las naturales son extraídas directamente de los frutos o vegetales y sin mayor modificación del sabor; en cambio las artificiales, normalmente cuentan con colorantes, saborizantes. entre otros aditivos que modifican el sabor y otras propiedades de las bebidas.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado, la empresa Comeragua S.A./Gordian® ubicada en la 31 calle 14-81 colonia Santa Rosa II, zona 12, Guatemala, ha planteado implementar una línea de embotellado de agua de coco 100 % natural libre de preservantes y aditivos. Por lo que es necesario desarrollar un diseño completo de la línea de producción, como también un plan de mantenimiento para las futuras máquinas y equipos que estarán funcionando.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la empresa

Comeragua S.A. / Gordian® es una empresa guatemalteca relativamente nueva, se dedica a la venta de aguacate Hass y también a producir guacamol 100% natural de alta calidad. Cuenta con cuatro pilares de trabajo que son:

- Producción propia de aguacate Hass: la empresa cuenta con fincas certificadas con el sello de Rain Forest Alliance.
- Apoyo a productores individuales: Gordian® cuenta con ingenieros agrónomos que dan apoyo a productores individuales, asesorándoles en el cultivo del aguacate Hass.
- Industrialización del producto: se procesan y clasifican en distintas categorías los aguacates Hass, así también se produce guacamol usando máquinas de alta tecnología.
- Sistema de comercialización: se comercializa el aguacate Hass a varios sectores del mercado como mayoristas, minoristas, institucionales y *retail*. En productos procesados cuenta con tres sabores: natural, orégano, chile cobanero, los cuales vende en diferentes presentaciones.

1.1.1. Ubicación

La planta procesadora Gordian® está localizada en la 31 calle 14-81 colonia Santa Rosa II, zona 12, Guatemala, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación de Gordian®**



Fuente: Google *Earth* 7.1.5.1557. Consulta: enero de 2016.

Cuenta con varias fincas en distintos puntos del país:

- Finca Atitlán: con una altura de 1 500 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Santiago Atitlán, Sololá.
- Finca Los Gorros: con una altura de 2 197 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Patzún, Chimaltenango.
- Finca Chichimuch: con altura de 2 377 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Santa Lucía Uatlán, Sololá.
- Finca La Paz: con una altura de 2 350 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Granados, Baja Verapaz.
- Finca Las Vegas: con una altura de 2 235 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Tecpán, Chimaltenango.
- Finca Panimaché: con una altura de 1 800 metros sobre el nivel del mar, ubicada en Patzún, Chimaltenango.

1.1.2. Historia

La empresa como productora de guacamol fue fundada el 1 de mayo de 2013, anteriormente comercializaba solamente aguacate Hass, y otros productos agrícolas gracias a las distintas fincas. En sus inicios Gordian® contaba con veinte empleados para realizar sus funciones, actualmente en la planta guacamolera hay noventa empleados distribuidos en distintas áreas de trabajo.

Con el tiempo y trabajo arduo se han conseguido cambios o mejoras tanto a nivel estructural como en otros aspectos, se han obtenido certificaciones como HACCP, KOSHER y aún sigue trabajando para seguir implementando mejoras a los distintos procesos internos. Gracias a todo esto se ha logrado alcanzar el mercado internacional con distintas exportaciones de guacamol.

1.1.3. Misión

Convertir a Guatemala como un país “aguacatero”, desarrollando la agricultura local, produciendo y comercializando frutos de máxima calidad, basándonos en el mejoramiento continuo de nuestros procesos y fomentando el trabajo en equipo con nuestros colaboradores y proveedores en un ambiente motivador y comprometido, para brindar a nuestros clientes un excelente producto y servicio.

1.1.4. Visión

Ser la empresa líder en el desarrollo de Guatemala como un país agricultor, por medio del liderazgo en el desarrollo de la agricultura local, la producción y comercialización de productos agrícolas a nivel nacional e

internacional, ofreciendo a nuestros clientes productos y servicios de la más alta calidad.

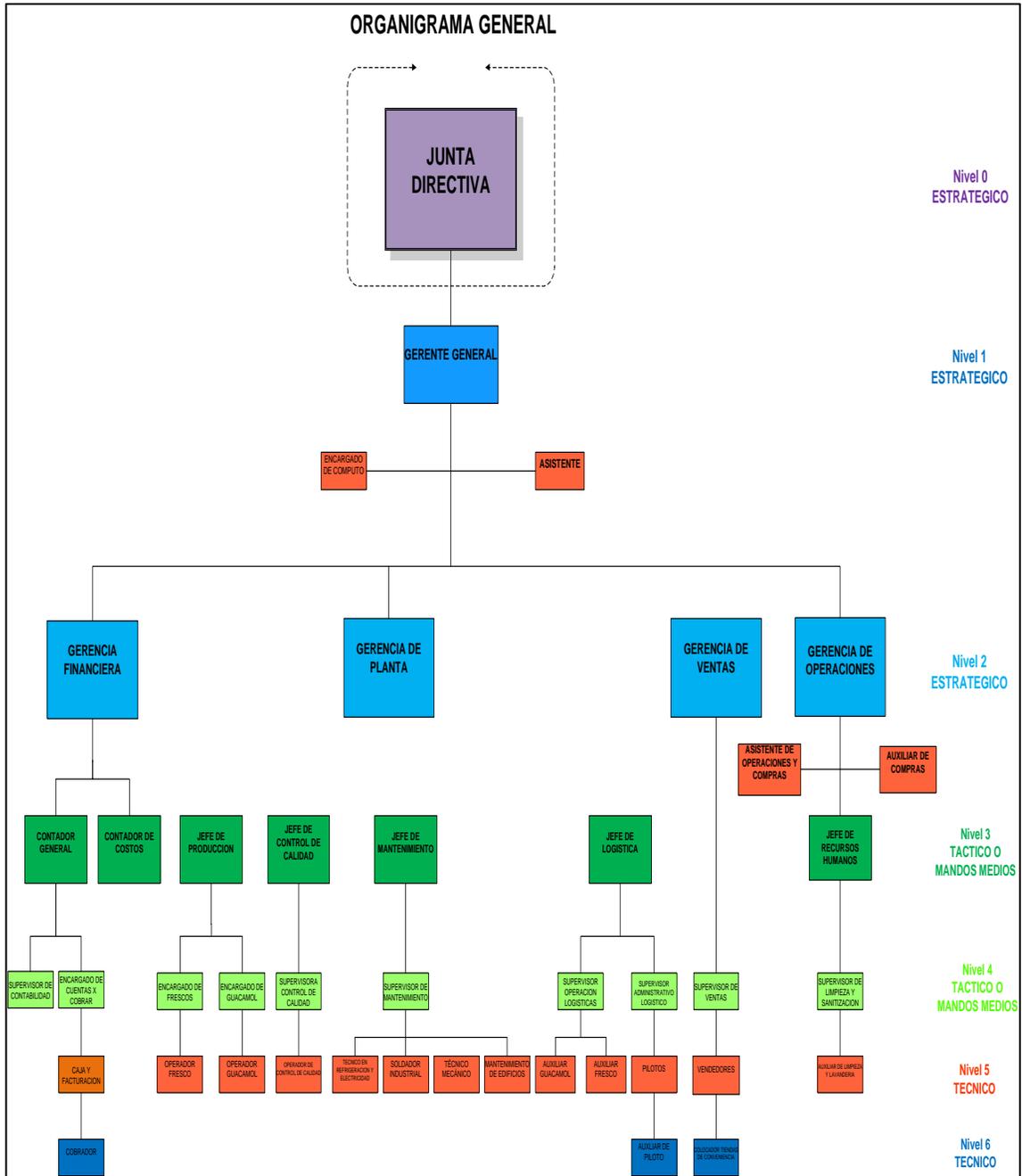
1.1.5. Valores

- Integridad: lo que se dice se cumple.
- Calidad: todos los productos que se comercializan pasan por un estricto control de calidad.
- Confianza: confianza en el equipo, confianza en la entrega de un producto de calidad y confianza con proveedores y clientes.
- Trabajo en equipo: el trabajo en equipo es fundamental tanto dentro como fuera de la compañía.

1.1.6. Organigrama

La organización de Comeragua S.A. / Gordian® es de tipo tradicional con jefes o gerentes para las distintas áreas, cuenta también con supervisores encargados de verificar el cumplimiento de los distintos procedimientos. A continuación, en la figura 2 se presenta el organigrama general en donde está la distribución dentro de la planta.

Figura 2. Organigrama general de Gordian®



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®

1.2. Descripción del problema

Desde un principio la planta Gordian® se ha dedicado a comercializar aguacate Hass, así como también a producir guacamol, siempre utilizando ingredientes frescos y 100 % naturales. Los productos están libres de conservantes artificiales, ya que la empresa cuenta con la más alta tecnología de pasteurización en frío, esta tecnología es conocida como HPP (High PressureProcessing).

Su materia prima base es el aguacate Hass, por lo que suelen tener dificultades de producción en temporadas en las que este aguacate no está disponible, debido a factores climatológicos o bien por el mismo ciclo de cosecha del fruto. Tomando esto en cuenta, en Gordian® ha surgido la iniciativa de implementar un nuevo producto que no tenga dependencia del aguacate Hass, una de las ideas más sobresalientes ha sido embotellar agua de coco.

El embotellado de agua de coco se hace viable, ya que puede ser utilizada la misma tecnología de HPP para asegurar un producto libre de preservantes artificiales. Actualmente, la empresa cuenta con algunas máquinas para el embotellado de agua de coco; sin embargo, no se ha podido realizar el proyecto por la falta de un diseño completo de la línea de producción en donde se especifiquen el resto de máquinas y equipos necesarios. Además del diseño de la línea de embotellado de agua de coco, se necesita un plan de mantenimiento para especificar las rutinas y los formatos de los distintos documentos acordes a los equipos y máquinas.

1.3. Fundamento teórico

Para hacer un desarrollo de la línea de embotellado de agua de coco se debe tener una base teórica con la que se pueda respaldar los distintos conceptos e ideas planteadas en la solución del problema. Cabe destacar que los conceptos a continuación desarrollados son una breve recopilación de información de distintas fuentes, las cuales se detallarán en la bibliografía de este mismo documento.

1.3.1. El agua de coco

Este líquido es el que se encuentra en el interior de la nuez de coco, su consumo es popular en zonas tropicales, ya que es en donde se puede encontrar fácilmente el árbol cocotero. Su color es transparente y su sabor es característico e inconfundible, suele tener una pequeña variación de sabor dependiendo de las condiciones del terreno, por ejemplo, la cercanía al agua de mar.

Dependiendo de los gustos de cada persona, el agua de coco puede ser consumida acompañada de otras bebidas o bien solamente añadiendo hielo. No debe ser confundida con la leche de coco, ya que esta última se hace licuando la pulpa de la nuez.

Tiene propiedades isotónicas, esto hace que sea muy recomendable para tratamientos de rehidratación en caso de enfermedades como el dengue y la chikungunya. La composición del agua de coco es relativamente alta en potasio y baja en contenido de sodio. Sus elementos principales son los azúcares con una concentración entre el 1,4 y el 5 % según la variedad del coco y el estado de madurez de la nuez. El agua de coco, también contiene pequeñas

cantidades de proteínas (0,7 %) y grasas (0,2 %), así como de aminoácidos, vitaminas y minerales.

1.3.1.1. Requisitos del agua de coco

Para que el agua de coco sea apta para el consumo humano se deben tener en cuenta ciertos aspectos y requisitos indispensables, por este motivo es recomendable conocerlos antes de tratar de comercializar este producto.

Como anteriormente fue mencionado, el agua de coco debe tener un sabor agradable sin trazas amargas o mal sabor. No se debe consumir agua de coco que ha estado fuera de la nuez por demasiado tiempo sin refrigeración, esto debido a que es un producto con facilidad para ser contaminado por gérmenes y bacterias en ambientes poco controlados.

1.3.1.2. Calidad e inocuidad

La calidad es una referencia al buen estado del producto, al aspecto, sabor, olor y cualquier otro punto en el que se pueda interesar el cliente. La calidad está siempre enfocada a la percepción que tiene el cliente de un producto, así que el agua de coco debe cumplir con las características esperadas y mantenerlas durante su tiempo de vida.

La inocuidad es la medida que asegura que un producto sea consumido por una persona sin ningún riesgo de enfermedad o daño, esta es una prioridad al momento de producir cualquier tipo de alimento o bebida en la mayoría de las empresas reconocidas y certificadas.

La calidad y la inocuidad deben estar presentes en un alimento o bebida para que este sea adecuado y seguro para el consumidor; es necesario que estén las dos, ya que un producto puede tener alta calidad pero no ser inocuo, por el contrario, también puede ser inocuo pero carecer de calidad.

Para aclarar lo anterior se presenta el siguiente ejemplo: se tienen dos ventas de jugos, en las dos se usan las mismas frutas y en la misma cantidad; en la primera se licuan con cáscara y sin ser lavadas, se usa agua de grifo y las cuchillas de la licuadora están oxidadas, además se le agrega azúcar como endulzante y el licuado tiene buen sabor, color y olor; en la segunda, las frutas son previamente lavadas, peladas, hervidas y se usa agua purificada, la licuadora está en perfectas condiciones y no se usa azúcar y el licuado al final no tiene color, el sabor y olor son raros. Cualquier persona que se encuentre con estas dos ventas y se fije en los aspectos ya mencionados, difícilmente compraría cualquiera de los dos, en el primer caso el resultado final es atractivo (tiene calidad), pero no es seguro para el consumo (no hay inocuidad), y en el segundo caso tiene poco o nulo atractivo (poca calidad), pero su consumo es seguro (tiene inocuidad). Esto demuestra que, para que un producto sea ideal para el consumidor debe contar tanto con calidad como con inocuidad; lo mismo se debe aplicar al agua de coco, y es por eso que hay que tomar en cuenta distintos factores, como los que se describen a continuación;

- Factores previos a la recolección
 - Contaminación por residuos por pesticida: son el resultado del uso de pesticidas en las plantaciones de cocoteros.
 - Contaminación por metales pesados: los metales pesados pueden entrar en contacto con el agua de coco por absorción del suelo y pueden causar enfermedades al ser humano.

- Factores posteriores a la recolección
 - Contaminación por microorganismos: podrían entrar en contacto con el agua de coco a través de la manipulación irregular y por las técnicas del proceso. Los microorganismos aceleran la descomposición del producto.
 - Condiciones de almacenamiento: las altas temperaturas estimulan la respiración del coco recién cosechado, así también, cuando el agua se encuentra embotellada se debe mantener a bajas temperaturas para evitar la acelerada descomposición.

Si estos factores son debidamente controlados se puede tener un agua de coco que cuente con alta inocuidad y calidad.

1.3.1.3. Características

El agua de coco es incolora, de aspecto claro y ligeramente dulce, además debe contar con las siguientes características:

- pH
 - El pH determina la acidez o alcalinidad usando una escala de 0 a 14 en donde el pH neutro es de 7, los valores menores a 7 son ácidos y los mayores son alcalinos. El agua de coco debe tener un pH entre 5 y 5,4; por lo tanto es ligeramente ácida.

- Grado Brix
 - Estos proporcionan una medida objetiva de las concentraciones de sacarosa o sal disueltas en un producto y da la idea del nivel de dulzura del mismo. Los grados Brix pueden ser leídos de manera sencilla por medio de un

refractómetro. Una concentración de 25 °Brix indica una solución con 25 g de azúcar por 100 g de líquido. Los grados Brix del agua de coco oscilan desde 5 a 6,5.

1.3.2. Requisitos del coco

El agua de coco dentro de la nuez es estéril, lo que significa que está libre de microorganismos. Siempre que se expone al aire o al ambiente externo, el producto está expuesto a la contaminación microbiológica y a su deterioro. La manipulación apropiada y el control de la temperatura, desde el momento de la recolección y durante el proceso de la cadena, son esenciales para que el agua de coco pueda conservar las cualidades inherentes que tenía antes del proceso.

1.3.2.1. Selección del tipo de coco

La cantidad de agua que se puede extraer de un coco depende de la variedad y el estado de maduración del mismo. Por ejemplo, los cocos de la variedad Maypan producen una mayor cantidad de agua que los de la variedad Enano amarillo, los de Enano verde o los de Enano naranja. Los máximos rendimientos de agua se obtienen de los cocos que tienen como mínimo nueve meses.

Los cocos deben ser cosechados a los nueve meses de maduración para obtener la máxima cantidad de agua.

1.3.2.2. Recolección

Como todo fruto, el coco también debe ser cosechado para obtener el agua que está en su interior, este procedimiento se debe hacer correctamente tomando en cuenta ciertas consideraciones.

- Consideraciones básicas
 - Momento de la cosecha: los cocos son materia viva y, por tanto, respiran activamente y continúan respirando después de la recolección. Al aumentar la temperatura, un coco continuará respirando con mayor facilidad en la fase posterior a la recolección y sufrirá los cambios fisiológicos de sus componentes con mayor rapidez, llegando a su deterioro.
 - Método de recolección: nunca se debe permitir que los cocos caigan al suelo durante la recolección, ya que podrían sufrir lesiones mecánicas que faciliten la entrada de microorganismos que causarían el deterioro del agua que está en su interior. Los estudios realizados en la University of West Indies demuestran que el agua de coco, extraída de cocos que se habían fracturado cuando cayeron desde una altura de 8,5 metros, tenían un alto nivel de turbidez (bajo porcentaje de transmitancia), en lugar de ser clara y con un pH bajo, lo que indicaban el deterioro del producto. Comparativamente, los cocos que habían caído y se habían fracturado tenían más ácido graso libre que los cocos que habían solo caído y estaban intactos, y más aún, los que habían sido cosechados a mano.

1.3.2.3. Manipulación después de la recolección

Es natural que después de que las frutas sean cosechadas, algunas personas no consideren ciertos aspectos que pueden mantener en mejor estado sus productos, esto también puede pasar en el caso de los cocos, ya que al pensar que son más resistentes se les presta poca atención a cómo tratarlos después de su recolección.

- Consideraciones básicas
 - Potencial de contaminación de los cocos: los cocos recolectados nunca deben entrar en contacto con materias extrañas como tierra y fertilizantes químicos, ya que estos aumentan el riesgo de contaminación química y microbiológica durante la extracción del agua de coco.
 - Daños mecánicos: los cocos son muy sensibles al daño mecánico durante el manejo (carga y descarga) y el transporte; se debe tener cuidado para evitar fracturas.
 - Condiciones de almacenamiento: los cocos cosechados respiran activamente. Esta actividad respiratoria causa cambios en la composición química del agua de coco que está en su interior. Por consiguiente, debe hacerse un esfuerzo para asegurar que una temperatura adecuada disminuya estos procesos respiratorios y que el agua de coco sea procesada en el menor tiempo posible después de su extracción.

1.3.3. Embotellado de bebidas

Durante la historia del ser humano siempre se ha hecho uso de recipientes para transportar y almacenar bebidas como agua, jugos, licores, entre otros. En la actualidad es muy común el uso de envases de polímeros sintéticos por sus propiedades como resistencia a altas presiones, mejor preservación, diversidad de formas y tamaños; además de la posibilidad de reciclado, aunque también se sigue utilizando el vidrio para embotellar comúnmente bebidas carbonatadas y licores. Entre los polímeros más usados se pueden mencionar el PET, HDPE, LDPE.

1.3.3.1. Proceso

Un proceso de embotellado conlleva una serie de distintos pasos o etapas en donde se busca hacer más eficiente el uso de la materia prima, dependiendo de la complejidad del proceso así va a ser la cantidad de equipos y maquinaria necesarios para el embotellado. Se puede decir que cada proceso depende mucho de la bebida que se pretende embotellar, además, también hay que tomar en cuenta el tipo de envase a utilizar, la velocidad de producción, entre otros factores.

De manera general, el embotellado se inicia con el tratamiento de la bebida, bien sea su preparación o extracción, a continuación se procede a preparar los envases, y por consiguiente se introduce la bebida a los envases normalmente de forma automatizada. Las bebidas son pasteurizadas o filtradas de manera que sean seguras para el consumo, así también, la pasteurización extiende la vida anaquel después de ser embotellada.

1.3.3.2. Embotellado lineal o con paros

En este tipo de embotellado, las etapas más importantes son realizadas en línea recta y por tiempos determinados, así son el enjuagado, llenado y taponado. Normalmente un grupo de botellas o envases es llevado a una máquina y esta tiene el número específico de boquillas o sujetadores, por lo que la etapa se hace de un grupo por vez. La utilización de este tipo de embotellado es más común en procesos en donde no se necesita una producción de alta velocidad o que no requiera altos volúmenes de productos al día, ya que se pueden sustituir máquinas en etapas como el taponado por medio de un operador que realice la misma función con un proceso manual.

1.3.3.3. Embotellado continuo o circular

Este es el más utilizado por las empresas embotelladoras de bebidas puesto que proporciona la ventaja de una producción continua con mínimas paradas. Como su nombre lo indica, hace preferencia de movimientos circulares en las máquinas encargadas de realizar las etapas como enjuagado, llenado y taponado; en estas máquinas los envases pasan por el recorrido circular en donde se realiza una etapa y al finalizar esta se conecta con la siguiente en un recorrido circular con giro contrario al anterior, esto asegura un movimiento constante entre etapas eliminando los paros innecesarios entre cada una.

Este tipo de embotellado acepta que haya espacios mínimos entre las máquinas, lo que permite una mejor planificación para la distribución de la línea de producción. Normalmente las máquinas vienen con la capacidad de regular la velocidad de giro para diferentes tamaños de envases, se pueden hallar las tres máquinas unidas en un mismo mecanismo o bien separadas por un mínimo espacio.

1.3.4. Maquinaria y equipos comunes

En el embotellado de bebidas se puede tener distintos tipos de máquinas dependiendo de la cantidad de envases por hora, el tipo de bebida, el tratamiento previo a embotellar, etc. En las empresas embotelladoras de gran tamaño se suele tener también equipos y máquinas que permiten la fabricación de los propios envases.

De manera general, las líneas de embotellado pueden estar constituidas con los siguientes equipos y máquinas.

1.3.4.1. Transporte de envases

Estos equipos pueden ser bandas transportadoras o también transporte aéreo por medio de flujo de aire, su función principal es la de mover los envases de una etapa a otra con un mínimo de intervención humana. Pueden estar fabricadas de distintas formas y materiales, el material más común es el acero inoxidable por su alta resistencia a la corrosión.

1.3.4.2. Enjuagador de botellas

Esta máquina se emplea para eliminar los restos de posibles basuras o polvo que estén en el interior de la botella, se hace uso de agua y aire a presión, se puede utilizar químicos sanitizantes para una mejor limpieza. Los envases se voltean con la boca hacia abajo por medio de algún mecanismo de la propia máquina, al finalizar el enjuagado se regresan las botellas a la posición normal listas para el llenado.

1.3.4.3. Llenadora

Como su nombre lo indica está dedicada a llenar los envases con la bebida que se está produciendo. El llenado se hace por medio de boquillas especiales que se introducen la distancia suficiente para evitar derrames del líquido, dependiendo del tipo de máquina así será la capacidad de llenado y el tipo de envase que pueda manejar, normalmente se miden por la cantidad de botellas por hora y el volumen máximo del envase.

1.3.4.4. Taponadora

Dependiendo del envase así va a ser el tipo de sellado, pueden ser taparoscas, tapas metálicas, corchos, o cualquier otro método. Un posicionador coloca las tapas en el sentido adecuado para que el cabezal las asegure al envase, debe verificarse el torque con el que se sellan, ya que de esto depende que el consumidor pueda abrir o no la botella. Las tapas deben asegurar que el producto se mantenga aislado del exterior, además de que no pierda sus propiedades de sabor y consistencia, un sellado correcto puede mejorar la vida anaquel de la bebida.

1.3.4.5. Empacadora

Si se trata de envases PET se suele usar una película plástica termoencogible para formar paquetes, se hace esto para que su transporte y distribución sean más prácticos. Se pueden usar máquinas completamente automáticas o bien hacer uso de máquinas semiautomáticas en donde es necesario que una persona realice cierta operación para el sellado. Una vez aplicada la película plástica los envases pasan a un horno por un breve periodo de tiempo en donde el plástico se encoge y asegura los envases.

Esta máquina puede ser también la que se encarga de meter los envases en las cajillas plásticas o de cartón.

1.3.4.6. Paletizadora

Esta máquina, comúnmente se puede ver en embotelladoras de gran capacidad, está encargada de colocar los paquetes de envases en las tarimas que servirán para el transporte y almacenamiento. Una vez la tarima cuente con el número de paquetes específicos se procede a aplicarle una película plástica que mantiene la formación en su lugar cuando sea transportada.

1.3.4.7. Tanques de acero inoxidable

Estos sirven primordialmente para almacenar los jarabes o el producto antes de llegar a la llenadora, son fabricados de acero inoxidable y cuentan con distintos tipos de dispositivos que ayudan al proceso de embotellado, pueden ser medidores de flujo, sensores de temperatura, sensores de nivel, reguladores de caudal, etc. Deben ser de las capacidades requeridas para la planificación de producción.

1.3.4.8. Pasteurizadores y enfriadores

Para asegurar un producto completamente seguro se debe realizar la pasteurización, comúnmente se hace a altas temperaturas, y para esto es útil el uso de intercambiadores de calor. Los intercambiadores más usados son los de tipo placas y su tamaño depende de las especificaciones del producto y caudales que se manejen. Para pasteurizar se hace uso del vapor sobrecalentado que circula por el intercambiador, esto eleva la temperatura del producto y elimina patógenos.

Asimismo, es necesario descender la temperatura del líquido para ser embotellado, por medio de intercambiadores se puede lograr este objetivo, la diferencia reside en que a cambio de usar vapor sobrecalentado se usa un refrigerante, el cual puede ser simplemente agua con algún glicol, pero también, dependiendo de las exigencias se puede usar refrigerantes sintéticos o naturales como el amoníaco.

1.3.4.9. Etiquetadora

Los envases necesitan ser etiquetados previo a ser llenados con el producto, las máquinas encargadas de realizar este trabajo usan normalmente rollos de etiquetas de un plástico suave; en principio, los envases pasan por la máquina en donde se les aplica una pequeña cantidad de pegamento, luego con un movimiento giratorio se les aplica la etiqueta alrededor de toda su circunferencia y, para finalizar, se corta la etiqueta del tamaño especificado. Estas pueden operar a gran velocidad y para grandes cantidades de botellas, es preferible usar una superficie lisa para colocar la etiqueta y así evitar malos contactos con el pegamento.

1.3.4.10. Codificador

Todo producto ofrecido en el mercado debe contar con la fecha de caducidad previamente calculada y también con el número de lote de fabricación; esta información no puede ser agregada a las etiquetas, ya que se tendrían que modificar cada vez que hubiera una producción imprimir algunos rollos por vez, lo que incrementaría los costos de producción; es por este motivo que se usa una máquina dedicada específicamente a colocar los códigos de lote y fecha de caducidad en los envases.

Se pueden encontrar en diferentes tipos, tamaños y precios, las más costosas son las de tipo láser y las más económicas suelen ser de tipo semiautomático con impresión por tinta. Sin importar el costo, las letras y números en los envases deben ser visibles y fáciles de entender, esto es muy importante en caso de que hubiera algún reclamo por parte de los consumidores.

1.3.4.11. Sistema CIP

Estos sistemas no son una sola máquina en sí, ya que cuentan con distintos dispositivos y equipos que permiten su correcto empleo. Un sistema CIP es el encargado de limpiar y sanitizar las distintas máquinas internamente, así también equipos y conductos por donde pasa el producto a embotellar, esto se realiza sin la necesidad de desmontarlos ni desarmar nada. El tamaño de cada sistema CIP depende de la calidad de limpieza que se quiera conseguir en la línea de producción, asimismo, depende del propio tamaño de las máquinas y todo lo que se quiera limpiar. Para que los ciclos de limpieza funcionen es necesario contar con una o más bombas que trabajen en paralelo con las bombas de la línea de embotellado.

1.3.4.12. Medidores de nivel del producto

Estos pueden ser necesarios en caso de que la línea de embotellado sea de alta producción, son encargados de verificar que, tras mediciones y cálculos hechos se logre llegar a un nivel de líquido en la botella, para así asegurar que contengan la cantidad específica de producto dentro, si alguna botella no cumple con el nivel adecuado es descartada inmediatamente por algún dispositivo que la retire del medio de transporte.

1.3.4.13. Controladores electrónicos

Para manejar una línea de embotellado grande se hace indispensable contar con sistemas que automaticen los distintos procesos, esto puede hacerse con ayuda de una diversa variedad de sensores que están colocados en distintas partes de la línea, puede hacerse uso de sistemas programables relativamente sencillos o utilizar programas mucho más complejos, todo el sistema puede ser monitoreado por computadora con programas como LabView en donde se puede observar en tiempo real las condiciones en las que está operando la línea de embotellado.

1.3.5. El mantenimiento

Se puede entender como la función empresarial a la que se le encomienda el control del estado de instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En otras palabras, el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

Las misiones del mantenimiento pueden ser entonces: la vigilancia permanente o periódica, las acciones preventivas, las acciones correctivas (reparaciones) y el reemplazamiento de la máquina.

Los objetivos implícitos son: aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso, reducir los costes al mínimo compatibles con el nivel de disponibilidad necesario, mejorar la fiabilidad de las máquinas e instalaciones, asistencia al Departamento de Ingeniería en los nuevos proyectos para facilitar la mantenibilidad de las nuevas instalaciones.

Algunos conceptos asociados al mantenimiento son: fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad

- La fiabilidad: hace referencia a la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas específicas. La vida útil de un equipo está determinada en tres etapas: los fallos iniciales, fallos de carácter aleatorio y deterioro completo.
- La mantenibilidad: es la característica inherente al elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria o en otras palabras, el tiempo que conlleva realizar un mantenimiento en un equipo.
- La disponibilidad: se trata de la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en un momento requerido, en la disponibilidad se involucra el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio de reparación.

1.3.5.1. Tipos y niveles de mantenimiento

El mantenimiento puede dividirse en distintas categorías o tipos, básicamente se clasifican de acuerdo a la calidad que se desea tener en el mantenimiento. Dependiendo de cada empresa o máquina se puede aplicar solo un tipo o una combinación balanceada de mantenimiento.

Se pueden mencionar tres tipos básicos de mantenimiento.

1.3.5.1.1. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados que se realiza cuanto sucede el fallo. Es el más sencillo de aplicar, pero también es el más riesgoso, ya que solo se hace cuando aparecen las fallas y debe contarse con los equipos y repuestos necesarios para solucionar inmediatamente el inconveniente.

- Ventajas: no se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis, máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.
- Desventajas: las averías se presentan de forma imprevista, esto puede afectar a la producción, riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica un almacén de repuestos importante, baja calidad de mantenimiento como respuesta del poco tiempo disponible para reparar.
- Aplicación: cuánto el coste total de las paradas sea menor que el total de las acciones preventivas, en sistemas secundarios que no afecten de forma directa a la producción, en sistemas que es imposible predecir los fallos (sistemas electrónicos).

1.3.5.1.2. Mantenimiento preventivo

Conjunto de actividades programadas de antemano encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos, se puede utilizar de acuerdo a periodos especificados o bien a acontecimientos previos ya conocidos.

- Ventajas: importante reducción de paradas imprevistas en equipos, permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.
- Desventajas: no se aprovecha la vida útil completa del equipo, aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se planifican bien las acciones preventivas, cambios innecesarios de piezas que todavía podrían seguir funcionando.
- Aplicación: equipos de naturaleza mecánica o electromecánica en donde se apliquen condiciones de desgaste seguro, equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

1.3.5.1.3. Mantenimiento predictivo

Es el conjunto de actividades de diagnóstico y seguimiento continuo que permite una intervención correctiva inmediata, como detección de algún síntoma de fallo. Hace uso de distintos puntos de monitoreo como aumento de temperatura, ruido, vibraciones presión, etc.

- Ventajas: determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento correctivo o preventivo, ejecución sin interrumpir el funcionamiento de los equipos e instalaciones, mejora el conocimiento y control del estado de los equipos, permite predecir las apariciones de falla incluso si cambian las condiciones del ambiente.
- Desventajas: requiere de un personal más capacitado e instrumentos de análisis costosos, no es viable monitorizar todos los parámetros de funcionamiento significativos, lo que provoca averías en áreas no

monitoreadas, se pueden presentar fallas en el intervalo de tiempo de dos medidas consecutivas, cuando los equipos son muy grandes es necesario invertir en automatización de alarmas de advertencia.

- Aplicación: maquinaria rotativa, motores eléctricos, equipos estáticos, instrumentación y cualquier máquina que cuente con regímenes altos de funcionamiento.

1.3.5.2. Gestión de repuestos

En cualquier instalación industrial, para conseguir un nivel de disponibilidad aceptable de la máquina es necesario mantener un *stock* de repuestos cuyo peso es, en general, respetable. Se describirán tres actividades en relación a la correcta gestión de repuestos:

1.3.5.2.1. Selección de las piezas a mantener en *stock*

La primera cuestión que se debe concretar es establecer las piezas que deben permanecer en *stock*. Existe el riesgo de mantener un almacén dotado excesivamente de piezas, cuya necesidad puede ser discutible por su bajo consumo, lo que genera poco espacio para almacenaje de piezas primordiales y un elevado costo de conservación y control de las piezas. Por el contrario, si se tiene un almacén insuficientemente dotado puede generar largos periodos de reparaciones y de indisponibilidad por la falta de piezas de repuesto. Debe establecerse, por tanto, con sumo cuidado los criterios de selección de acuerdo a la criticidad de la máquina, el tipo de pieza y la dificultad de aprovisionamiento.

Puede tenerse entonces distintos tipos de inventarios como los siguientes.

- *Stock* crítico: dotado de piezas de máquinas cuya criticidad afectarían la producción y crearía una gran indisponibilidad. Se les debe dar una mayor prioridad.
- *Stock* de seguridad: con piezas de repuesto que sean difícil de aprovisionamiento y que sean de importancia para el proceso.
- Piezas de desgaste seguro: son las piezas con las que se debe contar en mayor cantidad, están en constante movimiento y son las que fallan más rápidamente, por ejemplo: cojinetes, válvulas de compresor, chumaceras, empaques, etc.
- Materiales genéricos: de uso variado y que puedan necesitarse en algún momento, por ejemplo: válvulas, tuberías, tornillería, empaques, electrodos, pegamentos. Debe tenerse en cantidades mayores por su consumo elevado.

1.3.5.2.2. Fijar el nivel de existencias

A continuación habrá que fijar el número piezas a mantener en *stock*. Se tendrá en cuenta para ello, en primer lugar el tipo de inventario al que pertenece (crítico, de seguridad, otros), a continuación los factores específicos que condicionan su necesidad:

- Número de piezas iguales instaladas en la misma máquina o en otras
- Consumo previsto
- Siguiete fecha de aprovisionamiento de piezas

1.3.5.2.3. Gestión de stocks

La gestión de *stocks* de repuestos, como la de cualquier *stock* de almacén, trata de determinar, en función del consumo, plazo de reaprovisionamiento y riesgo de rotura del *stock* dispuestos a permitir, el punto de pedido (cuándo pedir) y el lote económico (cuánto pedir). El objetivo no es más que determinar los niveles de *stock* a mantener de cada pieza de forma que se minimice el coste de mantenimiento de dicho *stock* más la pérdida de producción por falta de repuestos disponibles. Se manejan los siguientes conceptos:

- Lote económico de compra: es la cantidad a pedir cada vez para optimizar el coste total de mantenimiento del *stock*:
- Frecuencia de pedidos: es el número de pedidos que habrá que lanzar al año por el elemento en cuestión.
- *Stock* de seguridad: es la cantidad adicional a mantener en *stock* para prevenir el riesgo de falta de existencias, por mayor consumo del previsto o incumplimiento del plazo de entrega por el proveedor.
- Punto de pedido: es el *stock* de seguridad más el consumo previsto en el plazo de reaprovisionamiento.

Es imprescindible que los repuestos estén codificados para una gestión que necesariamente debe ser informatizada.

La codificación debe permitir identificar las piezas inequívocamente, es decir, debe haber una relación biunívoca entre código y pieza. Así también la

agrupación de los repuestos en grupos y subgrupos de tipos de piezas homogéneos. Ello facilitará la normalización y optimización del *stock*. Cada código llevará asociado una descripción, lo más completa posible del material.

1.3.6. Programas de diseño mecánico

Este tipo de programas para computadora están hechos para hacer, principalmente diseños de tipo industrial, aunque definitivamente pueden ser usados para otros campos de estudio e investigación.

1.3.6.1. SolidWorks 2 014

El software CAD SolidWorks® es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, producir modelos y dibujos detallados.

SolidWorks emplea un procedimiento de diseño en 3D. Al diseñar una pieza, desde el croquis inicial hasta el resultado final, se está creando un modelo en 3D. A partir de este modelo, se pueden crear dibujos en 2D o componentes de relaciones de posición que consten de piezas o subensamblajes para crear ensamblajes en 3D. También se puede crear dibujos en 2D a partir de los ensamblajes en 3D.

La creación de un modelo, por lo general empieza con un croquis. A partir de este, se puede crear operaciones, combinar dos o más operaciones para crear una pieza. Después se puede combinar y establecer relaciones de posición entre las piezas pertinentes para crear un ensamblaje. A partir de las piezas o de los ensamblajes, podrá crear los dibujos.

Un croquis es un perfil o sección transversal en 2D. Para crear un croquis en 2D debe utilizar un plano o una cara plana. Además de los croquis en 2D, también puede crear croquis en 3D que contengan un eje Z, así como los ejes X e Y.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Usos del agua potable en la planta Comeragua S.A. / Gordian®

En la planta Comeragua S.A. / Gordian® se hace uso continuo del agua potable, puesto que se utiliza para lavar máquinas, lavar aguacate, en sanitarios y lavamanos, para el baño diario de los empleados, entre otros.

El sistema de suministro de agua consiste en dos cisternas, una bomba sumergible para pozo profundo la que extrae el agua del pozo hacia la primera cisterna, posteriormente una segunda bomba de menor profundidad de tipo sumergible envía el agua de la primera cisterna hacia el sistema de tratamiento de agua, el agua al terminar de ser tratada pasa a la segunda cisterna, y por último, el agua se distribuye a toda la planta por medio de una bomba sumergible que está en la segunda cisterna.

Para la distribución del agua se utiliza un sistema de presión constante, el cual consiste en mantener una presión constante en todo el sistema de tuberías para que al momento de su utilización tenga un caudal lo más continuo posible.

2.2. Áreas de uso excesivo de agua potable en Comeragua S.A. / Gordian®

En toda empresa se gasta agua, no importando del tipo de empresa que sea, pero existen ciertas zonas o áreas en donde se mantiene un continuo o alto consumo de agua potable. Las áreas de uso excesivo de agua deben ser revisadas y replanteadas para establecer cómo consumir menos agua, esto

para disminuir el consumo eléctrico si se tienen bombas de distribución y también, no siendo menos importante, para reducir el desperdicio de agua que se utiliza, dado que es un líquido muypreciado y escaso.

2.2.1. Clasificadora de aguacate

En esta área se hace uso de agua potable para lavar y sanitizar los aguacates que ingresan a la planta, por medio de un sistema de espreas se rocía agua sobre los aguacates en la cepilladora automática, el agua es mezclada con una cierta cantidad de ácido peracético que sanitiza la superficie del aguacate. Actualmente se mantiene abierta la llave de agua durante todo el proceso de clasificación, solamente cuando no es necesario se excluye el uso de agua, pero normalmente sí se mantiene abierta la llave de paso.

2.2.2. Lavado de cajillas

Esta zona es relativamente la de menor gasto de las tres que se van a tomar en cuenta en esta fase, las cajas plásticas se ensucian con restos de aguacate y otra suciedad, por lo que deben ser lavadas adecuadamente para su reutilización. Comúnmente el lavado de cajas se hace de forma manual por personal encargado, esto hace que se gaste demasiada agua por cada caja lavada.

2.2.3. Lavado de maquinaria de guacamol

En esta área se manchan las máquinas con restos de aguacate y guacamol, esto es un problema, ya que deben mantenerse limpias para evitar el crecimiento de bacterias que afecten la siguiente producción. Para hacer el lavado se hace uso de mangueras que no generan una presión suficiente para

desprender rápidamente los restos de aguacate, esto genera un alto consumo de agua al mantener abiertas las llaves de las mangueras demasiado tiempo.

2.3. Cálculo de caudal de agua usada en las zonas estudiadas

Para el cálculo del caudal se hizo de manera manual o empírica debido a que no se contaba con un medidor de flujo. Se utilizaron dos recipientes, uno de 1 galón y otro de 5 galones, así también un cronómetro para medir el tiempo que se tardaba el agua en llenar dichos recipientes; se usaron dos recipientes puesto que las velocidades de salida de agua tenían gran diferencia y producía mucha turbulencia con el de menor capacidad.

- En la zona de clasificación de aguacate se tomaron los siguientes tiempos con el recipiente de 1 galón:
 - 31 s
 - 30,13 s
 - 30,38 s

Haciendo un promedio de 30,50 segundos

Por lo que el caudal se calcula:

$$Q_{clas} = (1 \text{ gal}) / (30,05 \text{ s}) = 0,0328 \text{ gal/s} = 1,97 \text{ GPM} = 0,47 \text{ m}^3/\text{h}$$

- En la zona de lavado de cajas se utilizó el recipiente de 5 galones y estos fueron los tiempos de llenado:
 - 38,60 s

- 37,18 s
- 38,28 s

Haciendo en promedio de 38,02 s

Por lo que el caudal se calcula:

$$Q_{\text{cajas}} = (5 \text{ gal}) / (38,02 \text{ s}) = 0,132 \text{ gal/s} = 7,90 \text{ GPM} = 1,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

- En el lavado de máquinas se tiene el mismo caudal que en el lavado de cajas, por lo que sería de:

$$Q_{\text{lavmaq}} = 7,90 \text{ GPM} = 1,80 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.4. Sistemas de ahorro de agua para cada zona estudiada

Los siguientes sistemas o métodos propuestos son una alternativa para reducir el consumo de agua en las tres zonas estudiadas, no obstante, Comeragua S.A. / Gordian® está en la completa libertad de aplicarlas o declinarse a seguir utilizando los métodos actuales de lavado.

Estos tres sistemas son planteados, principalmente para disminuir el consumo de agua, no se toma en cuenta el consumo eléctrico debido a que dependiendo la máquina o equipo que se compre, así va a ser el consumo eléctrico específico.

2.4.1. Propuesta de reutilización de agua en clasificadora

En promedio transcurren cuatro horas por día cuando se clasifica aguacate con la llave de agua completamente abierta, por lo que con el caudal anteriormente medido se pudo llegar a la conclusión que se consumen alrededor de 1,88 m³, o lo que es igual a 496,64 galones de agua.

El sistema que se propone es un tanque de recirculación de agua, en donde al ser lavados los aguates se desvíe el agua hacia el tanque por medio del drenaje de la máquina cepilladora.

El agua será impulsada nuevamente hacia el sistema de lavado de la máquina por medio de una bomba de baja potencia que funcione solamente para este sistema. Al salir de la bomba pasará por un filtro de tipo cartucho para eliminar las impurezas que puedan haber quedado del lavado previo.

El agua será mezclada con ácido peracético el cual es utilizado actualmente con sanitizador, este sistema evita también que se desperdicie este químico de manera innecesaria y así mismo evitar que químicos como este lleguen en exceso a los drenajes de la planta.

Los equipos entonces serían los siguientes:

- Un tanque de por lo menos 15 galones.
- Una bomba centrífuga de ¼ de HP por la pequeña carga.
- Un filtro de cartucho para agua de alrededor de 10 micrones de filtración.
- Tubería y accesorios necesarios.

2.4.2. Propuesta de máquina lavadora de cajillas

Haciendo cálculos se llegó a la conclusión de que para lavar una caja se utilizan alrededor de cuatro galones de agua, esto debido a que primero hay que verterles agua para posteriormente lavarlas con jabón, al finalizar se desaguan hasta quitar cualquier resto de jabón de la superficie.

Para evitar este desperdicio de agua se propone una máquina lavadora de cajas, estas máquinas reutilizan el agua por medio de filtros, además también hacen el proceso de lavado mucho más rápido y eficiente.

Hay máquinas relativamente sencillas y de tamaño medio que pueden ser mandadas a fabricar de manera personalizada según las necesidades.

A continuación se presentan algunos modelos para que sirvan como ejemplo.

- Lavadora de cajas Modelo LC2 de la marca Somca

Esta versión para pequeñas producciones es la más popular, ya que soluciona el problema de lavado de cajas de la mayoría de las empresas. Permite el lavado de aproximadamente 300 cajas por hora dependiendo de su estado.

Necesita solamente 1 persona para operarla, esta posiciona las cajas en la entrada y después de lavadas, mediante una rampa de retorno las deja a su lado para que las retire.

Estructura fabricada en acero inoxidable AISI-304, dividido en 2 zonas, lavado y enjuague, con 65 aspersores que limpian en forma efectiva todos los lados de la caja mediante una motobomba de 7,5 HP. Tiene duchas de enjuague con agua limpia. El agua de lavado se recircula en un estanque de 300 litros con sistema de filtrado.

- En la marca Mimasa

Las lavadoras de cajas de Mimasa han sido diseñadas modularmente, permitiendo múltiples configuraciones y ajustándose a cada necesidad específica.

El diseño compacto y funcional garantiza el resultado con el mínimo consumo de agua, energía y detergente.

Según la necesidad, los túneles de lavado de cajas pueden ser de una o de doble línea e incorporar automatizaciones tales como desapiladoras, apiladoras, volteadoras, cintas de alimentación o acumulación, cintas de retorno, entre otras.

- Opción de empresa guatemalteca

La empresa Servicios y Ventas Industriales S.A. de Guatemala fabrica estas máquinas y pueden ser diseños personalizados según sea la necesidad del cliente.

2.4.3. Propuesta de hidrolavadora para el lavado de máquinas de guacamol

Estas máquinas son de gran utilidad para lavar superficies externas, ya que proporcionan una mejor distribución del agua y mayor velocidad de impacto con la superficie.

En promedio se ahorra entre un 50 a un 70 % de agua con una hidrolavadora si se compara con un lavado usando mangueras comunes. Esto representa una cantidad considerable de agua si se toma en cuenta que a veces es necesario lavar varias superficies sucias.

Es preferible buscar una hidrolavadora de marca reconocida para poder contar con la ventaja de conseguir repuestos en caso de fallas en un futuro, esto debido a que ninguna máquina dura para siempre sin fallas.

Usando como referencia la hidrolavadora KARCHER k5 se obtienen los siguientes datos:

- Presión (PSI) = 2000
- Caudal de agua (l/h) = max. 330
- Tensión (V) = 127 – 60 Hz
- Consumo de corriente (A) = 13

2.5. Porcentaje de ahorro esperado

El porcentaje de ahorro se hará tomando en cuenta la cantidad de agua consumida en promedio por cada zona y lo esperado usando las distintas propuestas. Al final se hará también un análisis del consumo de energía de la bomba de distribución principal y el costo energético para la empresa.

2.5.1. Ahorro esperado de agua en clasificadora

Como ya se sabe que el caudal en esta zona es $Q_{clas} = 1,97 \text{ GPM} = 0,47 \text{ m}^3/\text{h}$, se determinó que en promedio al día se utilizan 4 horas para clasificar, alrededor de 3 días a la semana. Entonces se obtiene el siguiente consumo:

$$\text{Consumo semanal} = (\text{horas})(\text{días})(Q_{clas}) = (4 \text{ h/día})(3 \text{ días/semana})(0,47 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$\text{Consumo semanal} = 5,64 \text{ m}^3/\text{semana}$$

$$\text{Consumo mensual} = (4 \text{ semana/mes})(5,64 \text{ m}^3/\text{semana})$$

$$\text{Consumo mensual (actual)} = 22,56 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Entonces, usando la propuesta de reutilización de agua, con un tanque de unos 15 galones que son alrededor de $0,057 \text{ m}^3$, utilizando esta cantidad diariamente 3 veces a la semana se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Consumo semanal} = (\text{días})(\text{capacidad}) = (3 \text{ días/semana})(0,057 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$\text{Consumo semanal} = 0,171 \text{ m}^3/\text{semana}$$

Consumo mensual = (4 semana/mes)(0,171 m³/semana)

Consumo mensual = 0,684 m³/mes

Estos datos brindan un ahorro del consumo mensual de 96,97 %.

2.5.2. Ahorro esperado de agua en lavado de cajillas

El caudal del lavado de cajas calculado es $Q_{cajas}=7,90 \text{ gpm}= 1,80 \text{ m}^3/\text{h}$. El consumo de agua con la lavadora de cajas se tomará a 300 l/semana, lo que es igual a 79,25 gal/semana o 0,3 m³/semana, esto equivalente a 1,2 m³/mes.

El consumo actual es de alrededor de 4 galones por cada caja lavada. Anteriormente se lavaban alrededor de 35 cajas por cada día que había producción de guacamol, en la actualidad solamente se lavan 5 cajas por día de producción, ya que se reemplazaron por toneles para los desechos que se envían a las fincas, al regresar los toneles ya están lavados.

Debido a que el número de cajas sería menor, no sería necesario cambiar el agua cada semana, se podría hacer a las 2 semanas. Esto cambiaría el consumo de la máquina a unos 0,6 m³/mes.

Entonces se tiene que el consumo por mes es:

Consumo de cajas (anterior) = (4 gal/caja) (35 cajas/día) (4 día/semana) = 560 gal/semana = 2 119,6 l/semana=2,12 m³/semana.

Consumo de cajas (anterior) = (2,12 m³/semana)(4 semana/mes) = 8,48 m³/mes.

Consumo de cajas (actual) = (4 gal/caja) (5 cajas/día) (4día/semana) = 80 gal/semana=302,8 l/semana=0,303 m³/semana.

Consumo de cajas (actual) = (0,303 m³/semana) (4 semana/mes= 1,212 m³/mes.

El ahorro entonces, si se cambiara el agua cada 2 semanas y tomando en cuenta que se usó de referencia un tanque de 300 litros (podría ser menor al final), se prevé un ahorro de: 49,5 %

2.5.3. Ahorro esperado de agua en el lavado de máquinas de guacamol

El caudal del lavado de máquinas es igual que el calculado en el lavado de cajas. Tomando como referencia la hidrolavadora se tiene un caudal máximo de 330 l/h y esto equivale a 0,33 m³/h, si se promedia un lavado de máquinas de unas 2 horas diarias por 4 días de producción de guacamol se obtienen entonces las siguientes cifras:

Consumo semanal = (4 día/semana) (2 h/día)(0,33 m³/h)

Consumo semanal = 2,64 m³/semana

Consumo mensual = (4 semana/mes) (2,64 m³/semana)

Consumo mensual = 10,56 m³/mes, esto es utilizando la hidrolavadora

Ahora hay que calcular el consumo usando el método actual:

Consumo semanal = (4 día/semana) (2 h/día) (1,80 m³/h)

Consumo semanal = 14,4 m³/semana

Consumo mensual = (4 semana/mes) (14,4 m³/semana)

Consumo mensual = 57,6 m³/mes, esto es utilizando el método actual:

Con estos datos se puede calcular un aproximado de 81,67 % de agua ahorrada con la hidrolavadora.

2.5.4. Reducción del consumo de energía esperado de la bomba de distribución

- Los datos técnicos de esta bomba son los siguientes:
 - 3 hp
 - 230 v
 - 10,9 A max
 - 3 450 rpm
 - cos φ 0,81
 - SF 1,15
 - 60 Hz – trifásica

- La potencia eléctrica es igual a

$$P_{elec} = \sqrt{3}UI\cos\varphi$$

$$P_{elec} = \sqrt{3}((3)(230 \text{ V})(10,9 \text{ A})(0,81))$$

$$P_{elec} = 3\,517,22 \text{ W} = 3,52 \text{ kW}$$

- El caudal aproximado de la bomba con una tubería de 2 pulgadas es de 35 gpm lo que es igual a $7,95 \text{ m}^3/\text{h}$.
- El tiempo en horas al mes de funcionamiento de la bomba sería entonces:

$$\text{Horas} = (\text{consumo total en } \text{m}^3/\text{mes}) / (\text{caudal en } \text{m}^3/\text{h})$$

- El consumo total actual es entonces:

Consumo total = cons.clasificadora + cons.cajas + cons.máquinas de guacamol

$$\text{Consumo total} = 22,56 \text{ m}^3/\text{mes} + 1,212 \text{ m}^3/\text{mes} + 57,6 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Consumo total} = 81,372 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- El consumo total esperado es:

$$\text{Consumo total} = 0,684 \text{ m}^3/\text{mes} + 0,6 \text{ m}^3/\text{mes} + 10,56 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$\text{Consumo total} = 11,844 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- Las horas de funcionamiento actuales son:

$$\text{Horas} = (81,372 \text{ m}^3/\text{mes}) / (7,95 \text{ m}^3/\text{h}) = (81,372 \text{ m}^3/\text{mes}) (1/7,95 \text{ h/m}^3) = 10,24 \text{ horas/mes.}$$

- Las horas de funcionamiento esperadas son:

$$\text{Horas} = (11,844 \text{ m}^3/\text{mes}) / (7,95 \text{ m}^3/\text{h}) = (11,844 \text{ m}^3/\text{mes}) (1/7,95 \text{ h/m}^3) = 1,49 \text{ h/mes.}$$

- Para conocer el gasto eléctrico se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Gasto (Q)} = (\text{kW}) (\text{h/mes}) (\text{tarifa/mes})$$

- El gasto actual es:

$$\text{Gasto (Q)} = (3,52 \text{ kW}) (10,24 \text{ h/mes}) (Q1,151643/\text{kWh})$$

$$\text{Gasto (Q)} = Q41,51 / \text{mes}$$

- El gasto esperado es:

$$\text{Gasto (Q)} = (3,52 \text{ kW})(1,49 \text{ horas/mes}) (Q1,151643/\text{kWh})$$

$$\text{Gasto (Q)} = Q6,04 / \text{mes}$$

Con estos datos se puede observar que realmente el consumo eléctrico de la bomba no es tan significativo para la empresa, pero hay que tomar en cuenta que se utilizan 3 bombas, 1 sumergible de pozo profundo, 1 de la primera cisterna y la última que es de la que se estudió en este caso, se hizo el estudio solamente de la tercera bomba, ya que solo se cuenta con los datos de esta. Además, cabe destacar que el agua pasa por un proceso de tratamiento de agua, esto influye en el costo de consumo de agua y también genera gastos monetarios.

Este ahorro, en cuanto a gasto de energía eléctrica, puede verse afectado al final por el mismo funcionamiento de las máquinas propuestas, no se hizo estos cálculos, ya que no se cuenta con toda la información de cada equipo.

3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Equipos disponibles en Comeragua S.A. / Gordian®

Un tiempo atrás se decidió en Gordian® comprar algunas máquinas para el embotellado de agua de coco, pero por distintos motivos se tuvo que posponer el proyecto. Hay distintas máquinas funcionales, pero que no se han podido aprovechar, a continuación se presentan dichas máquinas con una descripción de su funcionamiento.

3.1.1. Cortadora de coco

Esta máquina es de acero inoxidable, cuenta con un mecanismo que empuja los cocos hacia unas cuchillas y permite que, por medio de gravedad el agua caiga a un pequeño depósito que se encuentra en el fondo de la máquina. Cuenta con un motor de 5 Hp y una caja reductora, pero no cuenta con el sistema de encendido ni apagado.

La máquina deberá estar colocada y asegurada sobre una estructura para permitir que el agua de coco que se ha extraído caiga al tanque de recepción por acción de gravedad, esto evita el uso de una bomba que posiblemente funcionaria en momentos sin ningún líquido.

La cortadora es de acero inoxidable para evitar la corrosión y también, para mantener una alta inocuidad en el producto, esto es muy importante debido que el agua de coco es susceptible a ser contaminada por superficies corroídas.

Figura 3. Cortadora de coco



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®

3.1.2. Llenadora

La llenadora es de tamaño relativamente pequeña comparada con otras, su funcionamiento es muy práctico y eficiente. Su estructura es principalmente de acero inoxidable con excepción de algunas piezas que son de polímeros duros o suaves. Las especificaciones técnicas son las siguientes:

- Marca / modelo: Y.K.M. / GC-12
- Velocidad: 800-2 000 bot/h
- Capacidad: 200–1 500 ml
- 12 cabezales de llenado
- Potencia: 0,75 kW
- Peso aproximado: 450 kg

Se le han realizado las pruebas correspondientes para botellas de 500 ml con los cuales se planea empezar a comercializar el agua de coco, esta capacidad es muy común en bebidas embotelladas y además hace fácil su distribución a tiendas y centros comerciales.

Figura 4. **Llenadora Y.K.M. GC-12**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®.

3.1.3. Taponadora

Al igual que la llenadora la taponadora está disponible en planta y se le han hecho las pruebas de funcionamiento, esta máquina puede estar colocada a un lado de la llenadora, ya que al salir los envases llenos deben ser sellados inmediatamente. Los tapones que pueden ser colocados con esta máquina son los normales de tipo taparosca.

El funcionamiento de la máquina consiste en un movimiento secuencial del cabezal taponador, así también como las ruedas sujetadoras se mueven un ángulo determinado por vez. En la parte superior se encuentra el posicionador de tapas, el cual cuenta con su respectivo depósito y motor eléctrico. La estructura es principalmente de acero inoxidable con piezas de polímeros como guías y ruedas sujetadoras. Las especificaciones de la máquina son las siguientes:

- Marca / modelo: Y.K.M. / YQX - 3
- Velocidad: 800–2 000 bot/h
- 1 cabezal de sellado
- Diámetro de botellas: 50-95 mm
- Altura de botellas: 150-350 mm
- Potencia: 0,75 KW
- Peso aproximado: 500 kg

Figura 5. **Taponadora Y.K.MYQX – 3**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®

3.1.4. Banda transportadora de acero inoxidable

Esta banda es la encargada de transportar los envases a lo largo del recorrido del proceso de embotellado de agua de coco. Es de tipo eslabones de acero inoxidable, para su movimiento hace uso de dos mesas, una tiene el motor impulsor y la otra tiene el tensor, si se necesitara una longitud mayor se pueden agregar eslabones que sean del mismo tipo. Cuenta con guías plásticas con estructura de acero inoxidable, se pueden ajustar a la altura de las máquinas, aunque realmente todas las máquinas deben estar a una misma altura para que se alineen lo más exacto posible.

Figura 6. **Banda transportadora de acero inoxidable**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®.

3.1.5. Tinas de acero inoxidable

Se tienen dos tinas de acero inoxidable que están en desuso en la planta, el plan es utilizar estas dos y modificarlas para fabricar una sola tina para sanitizar los cocos, se tienen que cortar y soldarlas para hacer una sola tina de mayor longitud.

El propósito de esta tina es que los cocos pasen por un baño de agua con sanitizante antes de pasar a ser cortados para extraerles el agua en su interior. Están fabricadas completamente de acero inoxidable con ruedas de polímero para su fácil movilización y colocación.

Figura 7. **Tinas de acero inoxidable**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®.

3.1.6. Aplicador de película termoencogible

Este equipo tiene un funcionamiento sencillo, de manera que al empujar las botellas ordenadas en la cantidad y forma deseada la película las envuelve, y una cuchilla con calor sella y asegura el paquete. Posteriormente los paquetes formados quedan listos para el horno. El proceso de aplicación y sellado es semiautomático, puesto que el mecanismo que empuja el paquete es manual, en cambio el sellado con la cuchilla de calor se realiza por medio de un actuador neumático y un pulsador.

El aplicador es de tipo artesanal, ya que no cuenta con las especificaciones técnicas ni una placa de identificación con el nombre y modelo.

Figura 8. **Aplicador de película termoencogible**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®.

3.1.7. Horno eléctrico

Para permitir que los paquetes queden seguros y compactados es necesario calentarlos por un breve periodo de tiempo, esto hace que el plástico se contraiga por sus propiedades termoplásticas. Este proceso facilitará el entarimado y almacenaje, a la salida del horno habrá un flujo de aire para acelerar el enfriamiento de la película plástica. Hace falta realizar las pruebas con paquetes sellados por la película termoencogible, esto es necesario para determinar el tiempo adecuado que deben pasar los paquetes por su interior.

Al igual que algunas otras máquinas que se encuentran disponibles en Gordian®, este horno no cuenta con su respectiva ficha técnica ni documentos importantes como manuales de usuario ni de mantenimiento.

Figura 9. **Horno eléctrico**



Fuente: Comeragua S.A. / Gordian®.

3.1.8. Banda transportadora tipo faja

Esta banda será usada para retirar los paquetes que salen del horno hacia una mesa de acumulación, se encuentra disponible la estructura y el motor eléctrico con su respectivo sistema motor. Es importante mencionar que esta banda, aunque se encuentra disponible en la planta, no necesariamente debe ser usada, ya que puede excluirse en el proceso de embotellado de agua de coco, no obstante se incluye por la disponibilidad para el uso entre una etapa y otra.

3.1.9. Máquina de pasteurización en frío

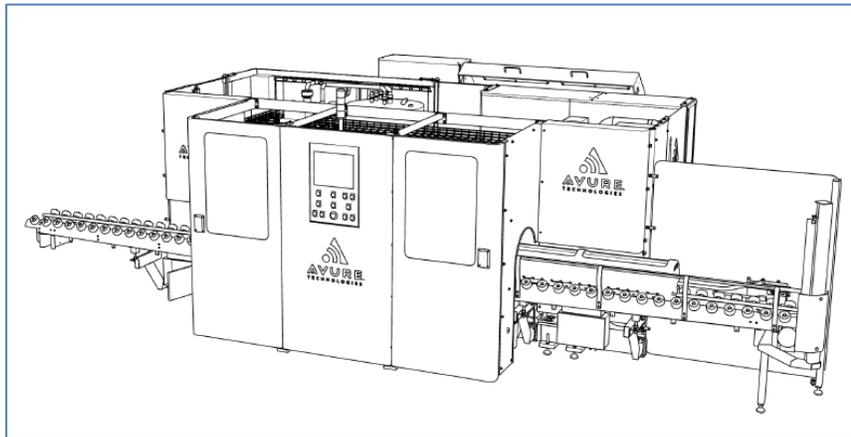
Comeragua S.A. / Gordian® cuenta con la tecnología de pasteurización en frío, también se le puede conocer como HPP, por sus siglas en inglés de *High Pressure Processing*.

Esta tecnología, consiste principalmente en aplicar muy altas presiones en cámaras llenas de agua por un periodo determinado, este proceso permite que los posibles microorganismos presentes en los alimentos mueran o quede inhibida su proliferación. Es de suma importancia aplicar las presiones adecuadas por el tiempo determinado para asegurar el completo éxito en el proceso de pasteurización, las presiones que se alcanzan pueden ser de hasta 87 000 psi (mucho más que la presión en el fondo del mar), dependiendo del modelo de la máquina y alimento a tratar.

Con esta máquina se haría la pasteurización del agua de coco cuando ya esté embotellada y sellada. Este proceso garantiza una alta inocuidad en el producto al ser capaz de eliminar patógenos peligrosos como salmonella, E. coli, listeria, entre otros. El proceso de HPP evita también el uso de preservantes que modifiquen el sabor y calidad del producto final.

En la planta Gordian® se encuentra la máquina de marca AVURE del modelo QFP 100L y es una de las pocas de este tipo en el territorio guatemalteco, por lo que los productos fabricados en Gordian® son de alta calidad e inocuidad.

Figura 10. **Máquina AVUREQFP 100L**



Fuente: *Manual de operación*, Comeragua S.A. / Gordian®.

3.2. Proceso de embotellado de agua de coco

El agua de coco por ser una bebida completamente natural debe ser tratada de la manera adecuada para que no pierda sus propiedades y sabor característicos, es por esto que se deben tener las etapas adecuadas en donde se puedan mejorar las condiciones tanto externas del coco como las del agua de coco en sí.

Para que el agua de coco se conserve por más tiempo es necesario que se mantenga a una temperatura de entre 3 y 5 °C, así también, evitar el contacto con superficies ásperas o rugosas que fácilmente puedan estar plagadas de microorganismos nocivos que aceleren la descomposición del producto, esto último puede ser un problema, ya que la cáscara del coco puede entrar en contacto con el agua cuando esta se extrae en la máquina cortadora de coco.

El lavado y cepillado del coco es muy importante para eliminar lo máximo posible las bacterias y otros gérmenes en la superficie, así también es importante la inmersión en detergentes sanitizantes que eliminen los restos de estos microorganismos y así prevenir la contaminación del agua de coco al momento de extraerla.

Para un proceso adecuado a los anteriores planteamientos se proponen los siguientes equipos y máquinas que complementen a las máquinas ya existentes en la planta Gordian®.

La línea se dividirá de manera general al área de manejo del coco, área de tratamiento de agua de coco y sección de llenado. Cada área debe contar con los equipos y máquinas adecuados para el proceso.

3.2.1. Equipos propuestos faltantes para el proceso

El proceso idealizado para el embotellado de agua de coco requiere ciertos equipos que deben, ya sea fabricarse o comprarse, no deben tomarse estos equipos como algo obligatorio, puesto que algunas etapas pueden ser reemplazadas por otros métodos.

Los equipos propuestos se basan en su mayoría por las especificaciones de las máquinas ya existentes en la planta Gordian®, así también es comprensible que sus especificaciones finales varíen según los fabricantes.

3.2.1.1. Estructura de recepción de cocos

Para recibir los cocos desde el camión de transporte será necesario fabricar una estructura que sea de acero y que permita que los cocos rueden

desde un extremo hacia el otro, en el otro extremo se extraerán los cocos para que empiece el proceso del lavado y sanitizado del coco.

Se propone ser fabricada de acero debido a que puede hacerse desarmable y relativamente fácil de transportar, además si se fabricara de concreto no se podría mover del sitio si en caso surgiera la necesidad.

3.2.1.1.1. Especificaciones técnicas

Se propone un diseño con estructura de acero negro de 2 x 2 pulgadas, con un espesor de 3 mm. En los costados se propone el uso de metal desplegado, asimismo, en la superficie inferior puede ser de planchas de acero de 3 mm de espesor o también de metal desplegado.

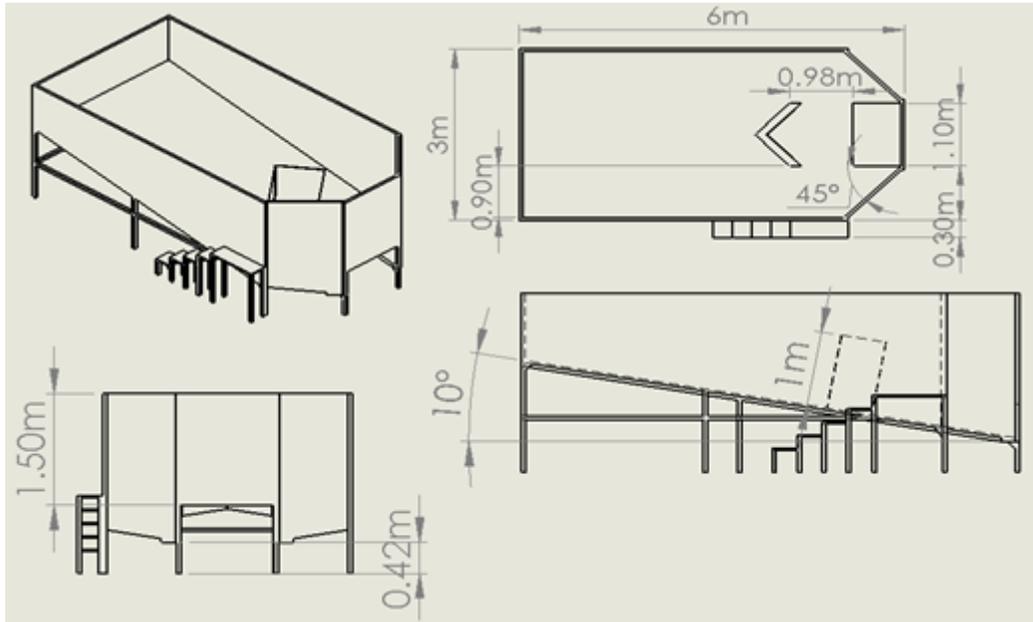
Las dimensiones previstas son las siguientes:

- Largo: 6 m
- Ancho: 3 m
- Alto: 2,42 m

En la parte inferior debe existir una inclinación de unos 10°, esto para permitir que los cocos rueden desde el extremo en contacto con el camión hacia el otro en donde espera un transportador elevador de rodillos. Para no dañar los rodillos al momento de que los cocos lleguen al final de la estructura, se debe fijar un escudo que evite la llegada directa de los cocos al transportador.

En la figura 11 se puede observar mejor los detalles de dicha estructura.

Figura 11. Estructura de recepción de cocos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.2. Transportador de rodillos

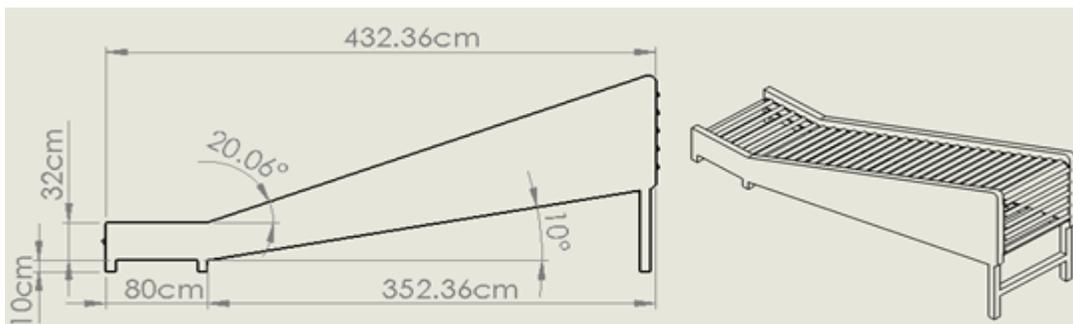
Para transportar los cocos desde la estructura de recepción a la siguiente etapa es necesario fabricar un transportador de rodillos. Se propone de tipo rodillos para aprovechar la forma semiesférica de los cocos, este sistema es el más utilizado para transportar productos como frutas o verduras ya que estas se sostienen en los espacios que quedan entre los rodillos. Es común que los rodillos sean de materiales como PVC, aunque, también en casos especiales se fabrican de acero inoxidable. El espacio entre rodillos debe ser personalizado, dependiendo del tamaño del producto a transportar así deberá ser este espacio, es ideal un espacio que permita una buena fijación con el producto.

3.2.1.2.1. Especificaciones técnicas requeridas

Las siguientes especificaciones son las más adecuadas de acuerdo al tamaño normal de los cocos, ya que estos miden alrededor de 20 a 30 centímetros de diámetro, así también se recomiendan partes adecuadas a la máquina.

- Rodillos: tubo PVC 2" de diámetro
- Separación: 15,5 cm
- Cadena de paso doble con pin extendido
- Guías para las cadenas de acero con alto contenido en carbono
- Motor eléctrico de 1,5 Hp a 60 Hz
- Caja reductora de relación 40:1
- Ancho del transportador: 110 cm
- Altura inferior: 42 cm
- Longitud total: 432,36 cm
- Ángulos de elevación y retorno: 20 y 10° respectivamente

Figura 12. Transportador de rodillos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2014.

3.2.1.3. Cepilladora de coco

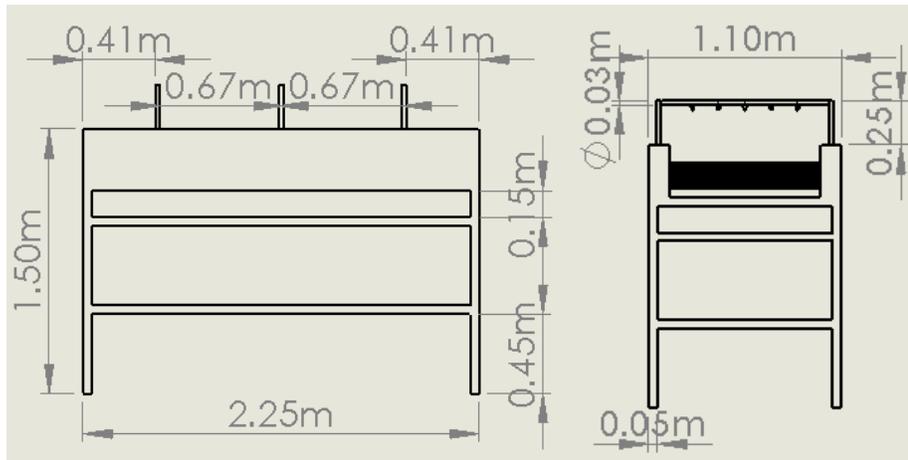
La cepilladora de cocos estará al final del transportador de rodillos y será fabricada con especificaciones similares a las de la cepilladora de aguacate que se encuentra en la planta. Esta cepilladora se encargará de limpiar la superficie externa de los cocos, eliminando posibles restos de polvo, tierra o cualquier suciedad que pueda afectar en el proceso de extracción del agua de coco. En la parte superior contará con distintas *espreas* que esparcirán agua para una mejor limpieza.

3.2.1.3.1. Especificaciones técnicas requeridas

Las dimensiones de la cepilladora están relacionadas con la altura del transportador de rodillos, así también se deben usar cepillos de grado rígido porque el peso de los cocos puede ser un problema para los cepillos que normalmente se usan para limpiar otro tipo de productos. A continuación se enlistan algunas de las características con las que debe contar esta máquina.

- Ancho: 110 cm
- Alto: 150 cm
- Largo: 225 cm
- Tuberías de agua de 1" de diámetro
- Motor eléctrico: 1,5 Hp a 60 Hz
- Caja reductora relación: 40:1
- Sistema de transmisión de tipo cadena con *esprokets* individuales para cada eje.

Figura 13. **Cepilladora de cocos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.4. Tina de sanitizado

Esta será fabricada con las dos tinas de acero inoxidable que están sin haber sido utilizadas en la planta, la idea es unir las para así tener una sola tina de mayor longitud. La función principal de la tina es la de sanitizar los cocos por medio de algún agente químico mezclado con agua; este paso es de vital importancia para prevenir la llegada de microorganismos hasta la cortadora de coco.

3.2.1.5. Elevador modular

El elevador modular serviría para sacar los cocos de la tina de sanitizado hacia la cortadora de coco, esto es necesario puesto que la cortadora de coco se planea mantener a una altura considerable.

Las bandas modulares se caracterizan por ser de polímeros con forma de eslabones, son realmente prácticas, ya que necesitan muy poco mantenimiento y pueden ser reparadas con relativa facilidad. Existen diferentes formas y materiales dependiendo de la aplicación, pueden ser utilizadas tanto en el sector alimenticio como también en otros de tipo industrial. En un inicio pueden ser más costosas que otros métodos de transporte de productos, pero se compensa con la poca inversión de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Debe ser de este tipo de transportador debido a que está fabricado con un polímero para grado alimenticio, además si se quisiera hacer con rodillos debería transmitirse la potencia con una cadena de acero inoxidable, lo que elevaría en gran medida el precio de fabricación, ya que el transportador debe estar sumergido parcialmente en la tina de sanitización y elevar el coco hacia la rampa de la cortadora de coco. El transportador propuesto debe tener los eslabones de 2,5" de ancho de tipo carga pesada, también tendrá empujadores de 150 milímetros para elevar el coco desde la tina. Para una mejor selección de características se ha elegido la marca popular Habasit.

3.2.1.5.1. Selección de la banda modular

Para la selección adecuada de la banda modular se deben tomar en cuenta varios factores determinantes que pueden influir en el funcionamiento adecuado y el tiempo de vida de la banda.

Hay una gran variedad y modelos de bandas modulares, por lo que es indispensable conocer bien el producto que se desea transportar, en el caso del proyecto desarrollado en este documento se tomarán medidas promedio y en algunos casos medidas máximas de los cocos. A continuación se presentan los

factores que se tomaron en cuenta para seleccionar los modelos más recomendables de la marca Habasit.

- Recorrido de la banda: determinar si la banda tendrá un recorrido recto horizontal, inclinado, con curvas o una combinación. Dependiendo del tipo de recorrido así será la mejor opción en los distintos modelos, ya que existen algunos con mayor flexibilidad para recorridos variables.
 - En el caso del proyecto se dispone un trayecto recto inclinado.
- Superficie de la banda: este es un factor que puede ser influido por distintas características, como por ejemplo, si el producto será de tipo alimenticio, si se requiere alta adherencia, productos suaves o duros, la necesidad de evacuar líquido con facilidad, entre otras necesidades.
 - Se requiere una superficie plana preferiblemente con capacidad de evacuar líquido, aunque en su defecto puede ser lisa sin ranuras.
- Accesorios para la banda: hay una cantidad de accesorios que pueden ser usados para cada modelo de banda en específico, hay también algunas bandas que no tienen una diversidad tan grande de accesorios por sus propias características. Entre los distintos tipos de accesorios se encuentran los cangilones, los empujadores planos, empujadores con curvatura, elementos de fricción, protecciones laterales; dependiendo de la aplicación de la banda así se requerirá o no un tipo de accesorio.
 - Se planean accesorios como empujadores de tipo plano con la altura suficiente para mantener los cocos en la superficie de la banda.
- Limpieza de la banda: es normal que en casos de productos alimenticios se requiera una capacidad y facilidad alta para limpiar la banda, esto para evitar la acumulación de restos del producto alimenticio que puedan ocasionar presencia de microorganismos, caso que no es tan determinante para productos industriales como cajas, herramientas, etc.

- Se necesita una banda de tipo alimenticio, esto por tratarse de las condiciones higiénicas en las que se deben mantener los cocos antes de la extracción del agua de su interior.
- Paso de la banda: el paso de la banda es la distancia que existe entre un pasador y otro, generalmente pasos pequeños permiten movimientos más suaves y fluidos, pero pasos largos permiten una mayor capacidad de carga y también de absorber impactos.
 - Los cocos se tornan muy pesados al encontrarse en cantidades grandes, es por este motivo que puede ser requerido un paso largo para la banda que admita grandes cargas.
- Color de la banda: este es un factor un tanto estético, aunque puede ser útil en el caso de que se necesite facilidad para distinguir restos de material en la banda, por ejemplo, en la industria alimenticia se prefiere el color blanco por su apariencia limpia.
 - Para la banda se recomienda una banda de color blanco, pero no es un factor realmente determinante.
- Material de la banda: los materiales de la banda son polímeros industriales que tienen distintas características. La aplicación de la banda determina el tipo de material a utilizar, ya que pueden haber condiciones de alta temperatura, humedad, corrosivos, impactos, entre otros.
 - Se requiere un material apto para estar parcialmente sumergido en agua con químicos limpiadores a temperatura ambiente o un poco baja.
- Material del pasador: los pasadores son fabricados con polímeros plásticos o bien con acero inoxidable y son regidos por las mismas condiciones en las que se encontrará la banda.
 - No se tiene un tipo específico del material de los pasadores de la banda.

Con todos estos factores ya establecidos se hace uso de los catálogos de productos y accesorios, en la selección se encuentran las bandas de la serie 5000 y 6000, se presta especial atención a la 5010 y a la 6360, ya que cuentan con la mayoría de las características que se requieren en la banda transportadora.

3.2.1.5.2. Determinación de la capacidad usada

Con el uso de programas de computadora especializados se puede conseguir un cálculo aproximado de la capacidad de carga que va a soportar la banda modular. El programa que se ha utilizado se llama LINK-SeleCalc de la marca Habasit, este programa es intuitivo y proporciona la información necesaria para hacer mejor la selección.

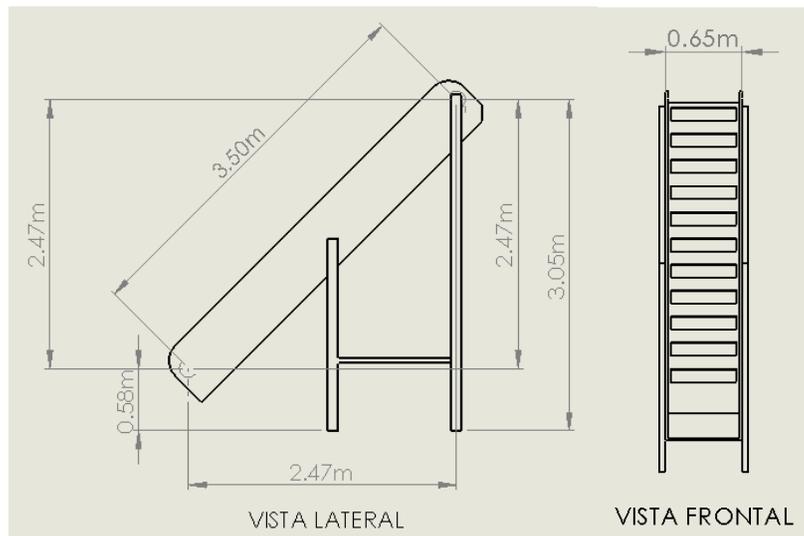
- Datos a tomar en cuenta

Para introducir los datos en el programa se tomarán los siguientes como referencia:

- Los cocos pesan alrededor de 2,5 kg, y miden entre 20 y 30 cm de diámetro (tomando en cuenta que no todos son completamente redondos), por lo que deduciendo en un metro cuadrado se pueden acomodar unos 15 cocos. Entonces el peso aproximado sería de 37,5 kg/m².
- Las medidas propuestas son separación vertical entre ejes de 2,5 m, como también separación horizontal de 2,5 formando un ángulo de 45° respecto a la horizontal.

- La banda a utilizar se recomienda la serie M6360 con empujadores de 15 cm de altura, los piñones disponibles para esta banda son los M63S0840Q con un diámetro de 165,9 mm.

Figura 14. **Elevador modular**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Teniendo esto en cuenta, entonces, para un motor de 1740 rpm con una caja reductora de 60:1 se tiene una velocidad angular de 29 rpm y esto es igual a 3,04 rad/s en el eje de salida. Para calcular la velocidad de la banda se utiliza la ecuación siguiente:

$$V = wr$$

Donde

v = m/s = de la banda

w = rad/s = del eje de salida

r = m = del piñón de la banda

$$v = (3,04 \text{ rad/s})(0,08295 \text{ m})$$

$$v = 0,25 \text{ m/s} = 15 \text{ m/min}$$

- Utilizando el programa

Para iniciar se selecciona el tipo de banda, en este caso es *FlatTop* o superficie plana, a continuación se elige el código de la banda así como el material del que estará fabricada (se elige polietileno o PE por sus buenas propiedades).

En el apartado de aplicación se introduce el ancho de la banda, en este caso es 650 mm, pero debido a restricciones del tamaño de los eslabones se elige un número cercano compatible, para lo que se establece 635 mm de ancho.

Aquí mismo se encuentran las especificaciones de la forma que va a tener la banda, la inclinación es la distancia vertical de separación entre los ejes principales, as/descendente es la dirección y el ángulo que tomará la banda, por lo que el largo del transportador es la distancia horizontal de separación entre los ejes. A un lado de estos datos está el dibujo de la configuración que tendrá la banda, se debe elegir la configuración 1 e introducirle los datos pertinentes.

Debajo de estas opciones se encuentra la carga que deberá soportar la banda y la velocidad de movimiento, con estos datos listos se puede pasar a la fricción entre banda-guías y banda-producto, se elige la opción de acero inoxidable y plástico PET respectivamente. La fricción banda-guías es la que habrá entre la banda en sí con las guías durante el recorrido, y la fricción banda producto se elige esta por ser el materias disponible más parecido la superficie de los cocos, aunque en realidad los empujadores se encargará de llevar el

producto hasta lo alto de la banda. Posteriormente se selecciona arranque/paros frecuentes para prevenir y los siguientes valores se dejan como están, ya que no se espera que el producto se acumule en la superficie de la banda por el mismo efecto de los empujadores.

En la sección piñón/eje se selecciona el modelo compatible de la base de datos. Se puede observar que es un eje cuadrado con 8 dientes, el paso es en realidad el diámetro del piñón y el diámetro que aparece en la imagen es el lado de la sección cuadrada del eje.

En la sección curva no se puede seleccionar nada, puesto que el modelo de la banda no acepta curvas en el recorrido. Esta sección está disponible solamente en otros modelos especiales para este recorrido.

Con esto el programa automáticamente hace el cálculo de la banda transportadora, en la sección derecha se pueden observar los datos propios de la banda y los resultados para tramos rectos, se puede observar que con las especificaciones introducidas se usaría un 10 % de la capacidad de la banda, haciéndola aceptable para el proyecto.

Un poco más abajo se encuentran otros datos importantes que son la Deflexión/Cojinetes del eje conducido eje de tracción, así como también el ángulo de torsión esperado del eje motriz debido al esfuerzo de torsión. La cantidad de piñones mínimos en los dos ejes, y por último, y no menos importante el torque máximo en el eje motriz y la potencia mínima requerida con una eficiencia de 75 %.

La potencia se da en vatios o W, el resultado son 290 W que equivalen a unos 0,389 Hp o su valor más cercano superior 0,5 Hp.

Figura 15. Habasit LINK-SeleCalc

The screenshot displays the Habasit LINK-SeleCalc software interface. It is divided into several sections:

- Header:** Includes fields for 'Cliente' (Personal), 'Nombre proyecto' (Modular), and unit selection (métrico/imperial).
- Selección:** A section for selecting belt and material properties, including 'Serie banda' (Flat Top), 'Código banda' (M6360), and 'Material banda' (PE).
- Aplicación:** A section for application parameters such as 'Ancho de la banda' (635 mm), 'Inclinación' (2.50 m), and 'Velocidad' (15.0 m/min).
- Piñón / Eje:** A section for gear and shaft specifications, including 'Piñón' (M63S0840Q) and 'Material del eje' (Stainless Steel).
- Curva:** A section for curve-related parameters like 'Secciones' and 'Fricción curva' (0.30).
- Results (Resultados para tramos recto):** A summary of calculated values, including 'Factor de servicio' (1.20), 'Fuerza de tracción utilizada' (1370 N/m), and 'Potencia de motor requerida' (290 W).

Fuente: Habasit AG, Todos los derechos reservados.

3.2.1.6. Estructura para la cortadora de cocos

La cortadora de coco es una máquina con un diseño especial, pero carece de un método para que el agua de coco sea trasegada a otra ubicación, por este motivo se ha ideado que, para hacer que el agua de coco llegue al primer tanque de recepción se haga uso de la gravedad, por lo que se torna indispensable contar con una estructura elevada que agregue energía potencial al producto y así evitar el uso de una bomba hidráulica adicional.

La estructura se planea fabricar con perfiles de acero estructural que facilite su transporte en caso de ser necesario, así también es indispensable

que cuente con escaleras que permitan al personal operativo subir al lugar en donde estará la máquina y sus controles, la cual debe ser segura y estable.

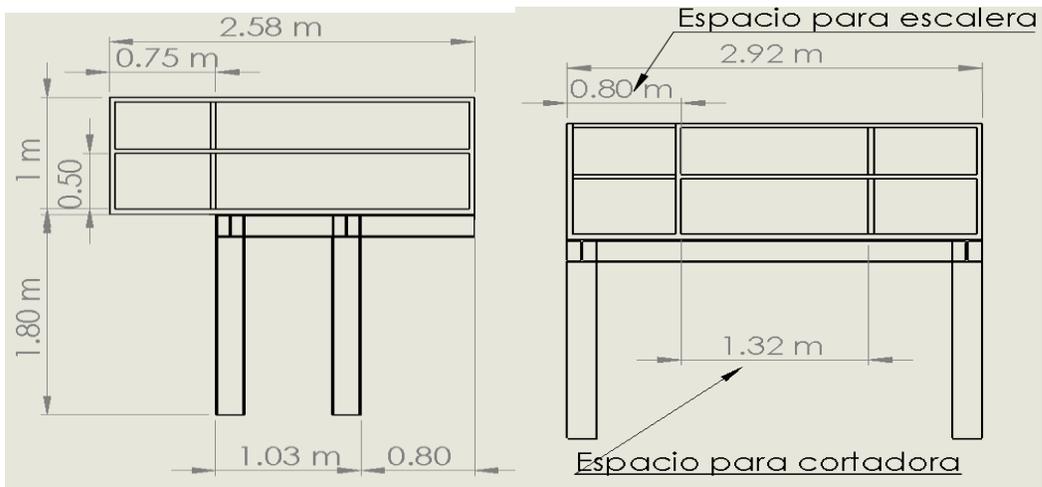
Los principales materiales planificados para su construcción son los siguientes:

- Perfiles de acero tipo HEB 100
- Parrilla de piso industrial de tipo rectangular
- Tubo cuadrado estructural de acero de 1 pulgada

3.2.1.6.1. Dimensiones

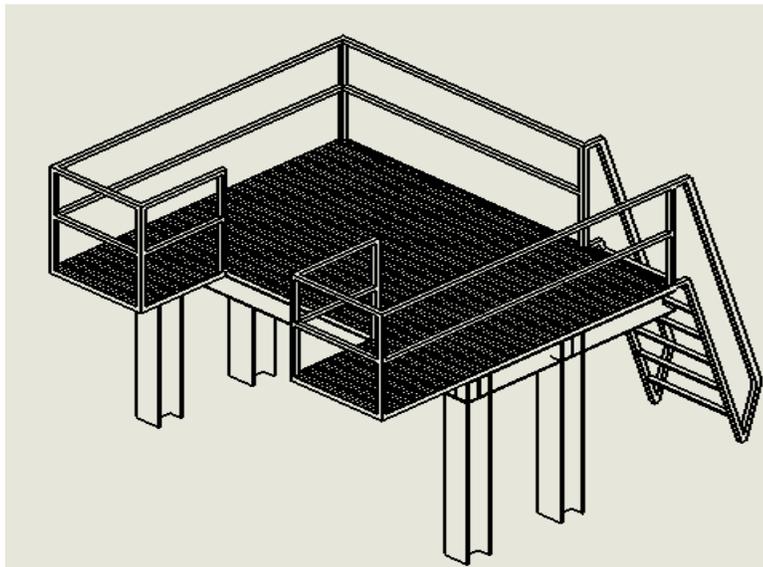
La altura planificada de la superficie de apoyo para la cortadora de coco es de 1,80 metros, por lo que las demás dimensiones deben ser adecuadas para esta altura, asimismo es indispensable que la superficie cuente con el espacio suficiente para que el personal operativo se mueva alrededor de la máquina. A continuación se muestran distintas imágenes que ejemplifican mucho mejor la forma planeada de construcción.

Figura 16. **Vistas de estructura de cortadora de coco**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 17. **Estructura para la cortadora de coco**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.6.2. Cálculo de la estructura

Para realizar los cálculos de la estructura de la cortadora de cocos se hace uso tanto de ecuaciones aprendidas en los distintos cursos impartidos en la Facultad de Ingeniería como también el uso de la tecnología disponible en la actualidad. Es importante mencionar que las cargas usadas para realizar los cálculos son medidas promedio tomadas de distintas fuentes, así también se ha hecho lo posible por tomar las cargas máximas para una mayor seguridad.

- Calculando las columnas
 - Datos de referencia:
 - Peso promedio de parrilla de piso = $27\text{kg/m}^2 \Rightarrow (6,55 \text{ m}^2)$
(27kg/m^2) = 176,85 kg = 1 734,31 N
 - Peso de cortadora = 3 113,76 N
 - Peso de 2 personas = 1 467,91 N
 - Peso de barandilla = 444,82 N
 - Peso adicional = 889,64 N
 - Peso total aproximado = 7 650.44 N = 7,65 kN
 - Peso supuesto soportado por cada columna = 1,912 kN
 - Altura de la columna = 1,80 m
 - FS = factor de seguridad = 3
 - $E = 200E+9 \text{ Pa} \Rightarrow$ módulo de elasticidad aproximado del acero

Haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$P_{cr} = (EI\pi^2)/(Le^2)$$

Donde

P_{cr} = carga crítica en Pa

E = módulo de elasticidad axial en N

I = momento de inercia en m^4

L_e = longitud efectiva de la columna en m

Los valores de L_e serán tomados de la tabla I:

Tabla I. Valores de L_e

CONDICIONES DE SUJECIÓN	N = coeficiente para multiplicar por P_{cr} del caso fundamental	L_e = longitud efectiva
Ambos extremos empotrados	4	$\frac{1}{2} L$
Un extremo empotrado	2	0,7 L
Ambos extremos articulados	1	L
Un extremo empotrado y el otro libre	$\frac{1}{4}$	2 L

Fuente: Pytel & Singer, Andrew & Ferdinand L. *Resistencia de materiales*. p. 363.

En el caso se prevé una columna tipo empotrada en un extremo y articulada en el otro, por lo que $L_e = 0,7L$

Para saber si el perfil HEB 100 cumple con las especificaciones mínimas de carga, se buscará que tenga un momento de inercia suficiente para evitar el pandeo, por lo que la ecuación queda de la siguiente manera:

$$I = (P L_e^2) / (E \pi^2)$$

$$I = ((3)(1\,912\, N)(0.7 \cdot 1,80\, m)^2) / ((200\, E9\, Pa) \pi^2)$$

$$I = ((5\,736\text{ N})(1,5876\text{ m}^2)) / (1,974E12\text{ Pa})$$

$$I = 4,612E-9\text{ m}^4 = 4\,613,39\text{ mm}^4 = 0,4613\text{ cm}^4$$

Ahora, tomando en cuenta la relación de esbeltez queda definida de la siguiente manera según el libro usado como referencia:

$$L/r < 100$$

Donde

L = longitud de la columna en mm

r = radio de giro del perfil de acero en mm

Por lo que el radio de giro queda:

$$r > L/100$$

$$r > (1\,800\text{ mm})/100$$

$$r > 18\text{ mm}$$

Comparando valores de tablas con medidas estándar de los perfiles de acero tipo HE se encuentra que:

$$I_y(\text{de tablas}) = 450\text{ cm}^4 > 0,4613\text{ cm}^4$$

$$r(\text{de tablas}) = 41,6\text{ mm} > 18\text{ mm}$$

Con esta comparación se puede determinar que los perfiles de acero tipo HEB 100 son adecuados para ser utilizados como columnas en la estructura para la cortadora de cocos.

- Calculando las vigas

Para este cálculo se ha hecho uso de una calculadora de vigas que se encuentra de manera *online*, su uso es intuitivo y sencillo con resultados muy completos. En el enlace a continuación se encuentra la calculadora de vigas y también información de cómo utilizarla, su uso es completamente gratuito y puede ser utilizada por cualquier persona ya que no necesita registro.

<http://www.eidosseriesnengineering.com/AWeb/Vigas%20Acero/Calculo%20de%20Vigas%20de%20Acero%20-%20Resistencia.html>

Para iniciar se selecciona el tipo de sustentación de la viga, en este caso se elegirá la doblemente apoyada.

En el siguiente apartado de selector materiales se elige por defecto el eje fuerte de la viga, como la aplicación cuenta con base de datos propia facilita el proceso de selección. En la pestaña de seleccionar material se elige HEB, que son los mismos perfiles utilizados para las columnas de la estructura, por consiguiente se selecciona la serie 100 en la pestaña de seleccionar serie.

En el siguiente apartado: coeficientes seguridad se selecciona el tipo de acero, en este caso se calculará con acero de 235 N/mm² de resistencia, esto se hace para tomar las condiciones más desfavorables en caso de no encontrar perfiles con acero de mejor calidad.

En flecha admisible se selecciona L/300 o longitud/300, esto según la tabla II.

Tabla II. **Máximos valores de flecha permisible**

Vigas o viguetas de cubierta	L/250
Vigas hasta 5 m de longitud y viguetas de forjado que no soporten muros de fábrica	L/300
Vigas de más de 5 m de longitud que no soporten muros de fábrica	L/400
Vigas y viguetas de forjado que soporten muros de fábrica	L/500
Ménsulas, medidas en el extremo libre	L/300

Fuente: Norma básica de la edificación "NBE-EA-95" Estructuras de acero en edificación.
http://normativaconstruccion.cype.info/1_02_a/pagina165.html. Consulta: octubre de 2015.

En coeficiente de seguridad acciones se selecciona 1,5, significa que soporte un 50 % adicional de su capacidad nominal. En seguridad acero se selecciona 1,05 para aceros certificados. Estos valores son explicados en la misma página de la aplicación.

Se prosigue entonces con el apartado cálculo y resultados. Aquí se ingresa la longitud de la viga, la cual es de 292 cm, el peso propio de la viga lo añade por defecto la aplicación. La carga uniformemente repartida es aproximadamente 69,66 kg/m pudiendo variar con el peso de final de la parrilla de piso utilizada. La carga puntual P01 se tomará como la suma de todas las posibles cargas que se encontraría en la estructura, en total son 603,28 kg aproximadamente a una distancia de 146 cm del punto A, esta distancia es la mitad de la longitud de la viga.

Para finalizar se da clic en el botón calcular, con las condiciones establecidas anteriormente se obtiene que la viga es apta tanto en la resistencia como en la flecha máxima admisible. La deformación máxima de la flecha

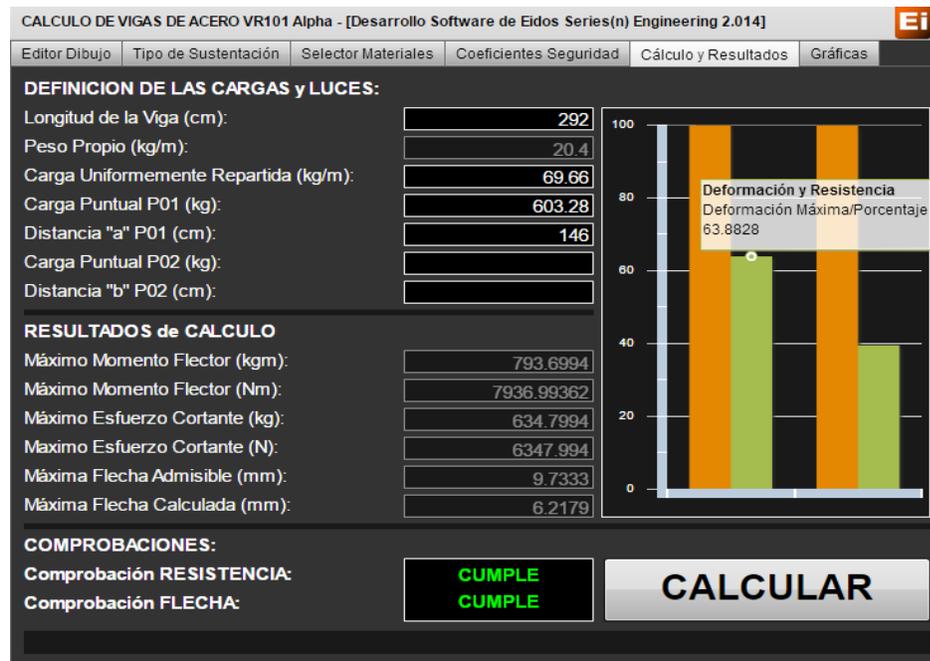
consigue 63,22 % de la capacidad total, la deformación por la resistencia alcanza 30,45 % del perfil de acero.

En el apartado de editor dibujo se puede observar el esquema de las cargas en la viga. En el apartado gráficas se puede ver el comportamiento del momento flector, esfuerzo cortante y la deformación.

Cabe destacar que el peso total que soportarán las vigas será menor, debido a que la misma parrilla de piso por su forma y estructura tiene la capacidad de soportar cierta carga y distribuirla en su área de contacto.

Dado que el cálculo se plantea para las vigas más largas de la estructura, se puede intuir que las vigas de menor longitud podrán soportar fácilmente las cargas que se le presenten.

Figura 18. Cálculo de vigas de acero VR101 Alpha



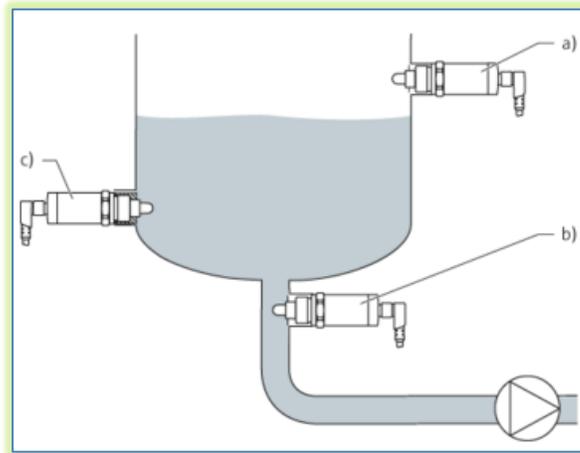
Fuente: Eidos series(n) *Engineering* 2.014.

<http://www.eidosseriesengineering.com/AWeb/Vigas%20Acero/Calculo%20de%20Vigas%20de%20Acero%20-%20Resistencia.html>. Consulta: octubre de 2015.

3.2.1.7. Tanques de acero inoxidable

Se proponen dos tanques de acero inoxidable para almacenar el agua de coco por cierto momento, la forma de los tanques debe ser preferiblemente cilíndrica y vertical para permitir una mejor medición del nivel del líquido. Para medir el nivel de líquido se recomiendan sensores conductivos o bien capacitivos, es importante que los sensores tengan la debida protección higiénica adecuada para alimentos y bebidas. Se recomiendan de 2 a 3 sensores por cada tanque como se muestra en la figura 19, a) nivel máximo de líquido, b) seguridad para bomba hidráulica, c) nivel mínimo de líquido.

Figura 19. **Ejemplo de aplicación de sensores conductivos**



Fuente: Endress+Hauser. <http://www.e-direct.endress.com/es/es/Liquipoint-FTW23-Detector-de-nivel-higienico-para-l%C3%ADquidos#tab2>. Consulta: diciembre de 2015.

El primer tanque se recomienda de una capacidad de 100 litros, este recibirá el agua de coco que cae por gravedad desde la cortadora, el segundo tanque debe ser de mayor capacidad y se recomienda de alrededor de 300 litros y almacenará el agua de coco previo a ser enviada a la llenadora circular.

3.2.1.8. Bombas centrífugas de grado alimenticio

El trasegado del agua de coco tiene que ser lo más higiénico posible, por lo que las bombas encargadas de este proceso deben ser de grado alimenticio, lo que significa que las partes en contacto con el líquido deben ser de acero inoxidable.

Las bombas centrífugas son comunes en el manejo de líquidos con viscosidades relativamente bajas. Cuentan con las ventajas de manejar altas

eficiencias, presión uniforme, caudales constantes, bajo mantenimiento, entre otras.

En el proyecto de embotellado de agua de coco se planea utilizar dos bombas, cada una debe ser colocada después de los tanques de acero inoxidable, el método de accionamiento planificado usa los mismos sensores de nivel con un control programable.

3.2.1.8.1. Especificaciones técnicas requeridas

A continuación se presentan algunos de los requisitos con los que deben contar las bombas centrífugas, no se incluye la potencia de cada bomba, ya que esto será calculado en la siguiente sección.

- Fabricada con materiales de grado alimenticio como acero inoxidable 304 o 304 L.
- Impulsor de bomba tipo cerrado.
- Entrada de la bomba de 1 ½ o 2 pulgadas equivalente a la tubería que se planea utilizar en el trasegado del agua de coco.
- Motores eléctricos trifásicos a 60 Hz.
- Los motores no necesariamente deben estar fabricados de acero inoxidable, pero de preferencia deben tener una cubierta de este material para evitar la corrosión y la entrada de líquido.

3.2.1.8.2. Cálculo de potencia requerida

Dado que las propiedades del agua de coco son muy similares a las del agua se van a utilizar ecuaciones que funcionan con esta.

- Determinando el caudal

El caudal es determinado de acuerdo a la máquina llenadora, puesto que esta máquina es la que tiene que contar con un suministro suficiente del agua de coco.

Para iniciar las especificaciones importantes de la llenadora son las siguientes:

- Velocidad de llenado: 800 – 2 000 bot/h
- Capacidad: 200 – 1 500 ml

Por lo que se puede deducir que a 800 bot/h se pueden llenar 1 500 ml y a 2 000 bot/h se pueden llenar 200 ml.

Para el proyecto se pretende llenar botellas de 500 ml. Entonces continuando con los cálculos se desarrollan así:

$$1\ 500\ \text{ml} = 800\ \text{bot/h}$$

$$500\ \text{ml} = x$$

$$200\ \text{ml} = 2\ 000\ \text{bot/h}$$

Utilizando el método de diferencias divididas se encuentra el valor de la velocidad de llenado para botellas de 500 ml.

$$(1\ 500 - 500) / (1\ 500 - 200) = (800 - x) / (800 - 2\ 000)$$

$$((1\ 500 - 500)(800 - 2\ 000)) / (1\ 500 - 200) - 800 = -x$$

$$800 - ((1\ 500 - 500)(800 - 2\ 000)) / (1\ 500 - 200) = x$$

$$x = 800 - ((1\ 000)(-1\ 200)) / (1\ 300)$$

$$x=1\,723,08 \text{ bot/h}$$

Entonces

$$(1\,500 \text{ ml/bot})(800 \text{ bot/h}) = 1\,200\,000 \text{ ml/h} \rightarrow 1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ l}$$

$$1 \text{ l} = 1\,000 \text{ ml} \rightarrow 1\,200\,000 \text{ ml/h} = 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \text{ para botellas de } 1\,500 \text{ ml}$$

$$(500 \text{ ml/bot})(1\,723 \text{ bot/h}) = 861\,500 \text{ ml/h} \rightarrow 1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ l}$$

$$861\,500 \text{ ml/h} = 0,86 \text{ m}^3/\text{h} \text{ para botellas de } 500 \text{ ml}$$

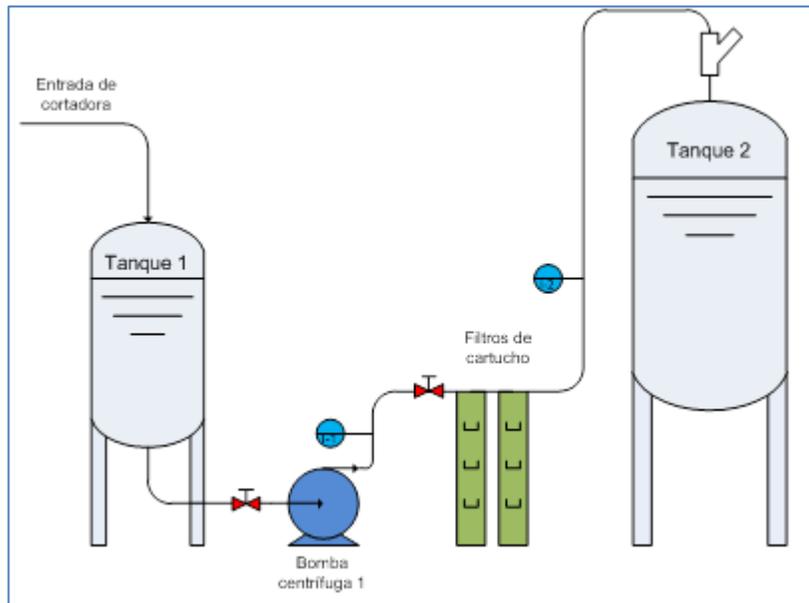
$$(200 \text{ ml/bot})(2\,000 \text{ bot/h}) = 400\,000 \text{ ml/h} \rightarrow 1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ l}$$

$$400\,000 \text{ ml/h} = 0,4 \text{ m}^3/\text{h} \text{ para botellas de } 200 \text{ ml}$$

Para efectos de cálculo entonces se establece que el caudal a usar va a ser de $1 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Calculando bomba centrífuga 1

Figura 20. Diagrama de bomba centrífuga 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

- Datos establecidos:

$$D = 1,5 \text{ in} = 3,81 \text{ cm} = 0,0381 \text{ m}$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0167 \text{ m}^3/\text{min} = 2,78\text{E-}4 \text{ m}^3/\text{s} = 4,4 \text{ gal}/\text{min} = 16,67 \text{ l}/\text{min} = 0,278 \text{ l}/\text{s}$$

$$C = 100$$

$$L = 5 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción en tuberías:

$$h_f = (10,643/D^{4,87})((Q/c)^{1,85})(L), \text{ ecuación de HasenWilliams}$$

$$h_f = (10,643/(0,0381 \text{ m})^{4,87})((2,78\text{E-}4 \text{ m}^3/\text{s})/100)^{1,85})(5 \text{ m})$$

$$h_f = 0,023 \text{ m}$$

- Pérdida por accesorios (D = 1,5 in):

Tabla III. **Pérdidas de accesorios 1**

Accesorio	Cantidad	Pérdida equivalente (m)	Pérdida total (m)
Codos de radio medio	6	1,1	6,6
Válvulas de paso	2	0,3	0,6
Filtro 1 μm	1	0,71	0,71
Filtro 0,5 μm	1	1,08	1,08
Unión Y	1	0,9	0,9

Fuente: elaboración propia, con referencia del curso: Máquinas Hidráulicas.

$$h_{AC} = 9,89 \text{ m}$$

- Pérdida por presión:

Presión de servicio = 20 psi

$$1 \text{ psi} \approx 2,31 \text{ ft} \rightarrow (20 \text{ psi})((2,31 \text{ ft})/(1 \text{ psi})) = 46,2 \text{ ft} = 14,08 \text{ m}$$

$$h_p = 14,08 \text{ m}$$

htq1 = 0,95 m, htq2 = 1,30 m (estimaciones de alturas de tanques de 100 y 300 litros)

- Carga dinámica total:

$$CDT = (htq2 - htq1) + h_f + h_{AC} + h_p$$

$$CDT = (1,30 \text{ m} - 0,95 \text{ m}) + 0,023 \text{ m} + 9,89 \text{ m} + 14,08 \text{ m}$$

$$CDT = 24,34 \text{ m}$$

- Cálculo de potencia de bomba:

$$HP = (Q \cdot CDT) / (75 \cdot \eta)$$

Donde

HP = potencia en Hp

Q = caudal en l/s

CDT = en m

η = eficiencia de la bomba dividida 100

$$HP = ((0,278 \text{ l/s})(24,34 \text{ m})) / ((75)(0,70))$$

$$HP = 0,129$$

- Potencia del motor requerida:

$$HP(\text{motor-trifásico}) = (1,3)HP$$

$$HP(\text{motor-monofásico}) = (1,5)HP$$

$$HP(\text{motor-trifásico}) = (1,3)(0,129)$$

$$HP(\text{motor-monofásico}) = (1,5)(0,129)$$

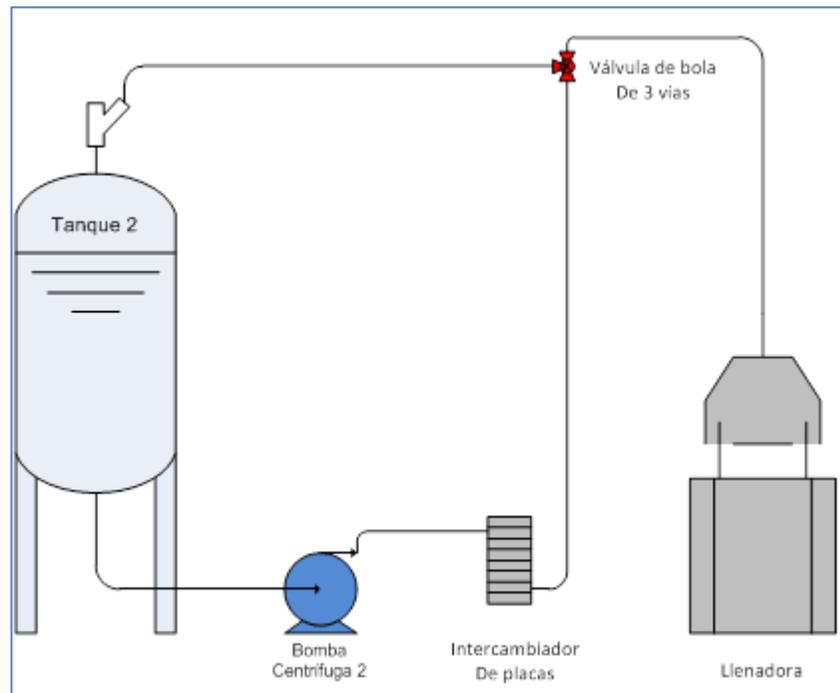
$$HP(\text{motor-trifásico}) = 0,1677$$

$$HP(\text{motor-monofásico}) = 0,1935$$

La potencia requerida del motor 1 es inferior a $\frac{1}{4}$ Hp, por lo que se puede recomendar usar un motor con esta potencia, no obstante es mejor prevenir y usar una potencia de $\frac{1}{2}$ Hp o superior por posibles modificaciones en el sistema.

- Cálculo de bomba centrífuga 2

Figura 21. Diagrama de bomba centrífuga 2



Fuente: elaboración propia ,empleando AutoCAD 2014.

- Datos establecidos:

$$D = 1,5 \text{ in} = 3,81 \text{ cm} = 0,0381 \text{ m}$$

$$Q = 1 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0167 \text{ m}^3/\text{min} = 2,78E-4 \text{ m}^3/\text{s} = 4,4 \text{ gal}/\text{min} = 16,67 \text{ l}/\text{min} = 0,278 \text{ l}/\text{s}$$

$$C = 100$$

$$L = 15 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción en tuberías:

$hf_2 = (10,643/D^{4,87})((Q/c)^{1,85})(L)$, ecuación de HasenWilliams

$hf_2 = (10,643/(0,0381 \text{ m})^{4,87})(((2,78E-4 \text{ m}^3/\text{s})/100)^{1,85})(15 \text{ m})$

$hf_2 = 0,068 \text{ m}$

- Pérdida por accesorios (D = 1,5 in):

Pérdida en el intercambiador de calor

2,2 l/s _____ 6,273 kPa

0,278 l/s _____ X

Por regla de tres se encuentra que:

$X = 0,79 \text{ kPa} = 0,1146 \text{ psi} \Rightarrow 2,31 \text{ ft} = 1 \text{ psi} \Rightarrow 0,1146 \text{ psi} = 0,265 \text{ ft} = 0,081 \text{ m}$

Tabla IV. **Pérdidas de accesorios 2**

Accesorio	Cantidad	Pérdida equivalente (m)	Pérdida total (m)
Codos de radio medio	7	1,1	7,7
Válvulas de paso	2	0,3	0,6
Válvula de bola de 3 vías	1	6,7	6,7
Intercambiador de placas	1	0,081	0,081
Unión Y	1	0,9	0,9

Fuente: elaboración propia, con referencia del curso Máquinas Hidráulicas.

$h_{AC2} = 15,981 \text{ m}$

- Pérdida por presión:

Presión de servicio = 20 psi

$$1 \text{ psi} \approx 2,31 \text{ ft} \rightarrow (20 \text{ psi})((2,31 \text{ ft})/(1 \text{ psi})) = 46,2 \text{ ft} = 14,08 \text{ m}$$

$$h_{p2} = 14,08 \text{ m}$$

$h_{llenadora} = 1,80 \text{ m}$, para efectos de cálculo tomar 2 m

$$h_{llenadora} = 2 \text{ m}$$

- Carga dinámica total:

$$CDT = (h_{llenadora} - h_{tq2}) + h_{f2} + h_{AC2} + h_{p2}$$

$$CDT = (2 \text{ m} - 1,30 \text{ m}) + 0,068 \text{ m} + 15,981 \text{ m} + 14,08 \text{ m}$$

$$CDT = 30,829 \text{ m}$$

- Cálculo de potencia de bomba:

$$HP = (Q \cdot CDT) / (75 \cdot \eta)$$

Donde

HP = potencia en Hp

Q = caudal en l/s

CDT = en m

η = eficiencia de la bomba dividida 100

$$HP = ((0,278 \text{ l/s})(30,829 \text{ m})) / ((75)(0,70))$$

$$HP = 0,163$$

- Potencia del motor requerida:

$$HP(\text{motor-trifásico}) = (1,3)HP$$

$$\text{HP}(\text{motor-monofásico}) = (1,5)\text{HP}$$

$$\text{HP}(\text{motor-trifásico}) = (1,3)(0,163)$$

$$\text{HP}(\text{motor-monofásico}) = (1,5)(0,163)$$

$$\text{HP}(\text{motor-trifásico}) = 0,212$$

$$\text{HP}(\text{motor-monofásico}) = 0,244$$

La potencia requerida del motor 2 es inferior a $\frac{1}{4}$ Hp, por lo que se puede recomendar usar un motor con esta potencia, sin embargo, es mejor prevenir y usar una potencia mayor como en el caso anterior, pero es más recomendable usar una potencia de 1 Hp o mayor por las diferentes pérdidas en los equipos y otros accesorios no previstos que se comprenden como el intercambiador de placas, además, también de la distancia final a la que se encontrará la llenadora.

3.2.1.9. Filtros

Para asegurar la inocuidad en el proceso de embotellado de agua de coco se pretende utilizar filtros de cartucho con un grado adecuado de filtración para reducir la probabilidad de presencia de microorganismos en el producto final.

Hay filtros de distintos materiales, es indispensable elegir el adecuado para la aplicación deseada, ya que no siempre un filtro puede utilizarse para el mismo propósito que otro. Así como hay filtros que retienen solamente basura, lodos o materias relativamente grandes, también hay filtros especiales para impedir el paso de objetos o materias mucho más pequeñas o también para clarificar sustancias.

3.2.1.9.1. Especificaciones técnicas requeridas

La filtración se propone realizar con filtros de tipo cartucho con la capacidad de filtrar de 1 y 0,5 micrómetros, pero antes de esto es necesario que haya una prefiltración que elimine las posibles basurillas o restos de coco en el agua que puedan obstruir en exceso los filtros más finos, la prefiltración será realizada por un malla metálica fina de acero inoxidable conocida como malla mesh en la cortadora de coco.

El uso de filtros de 1 y 0,5 micrómetros previene el paso de microorganismos comunes, principalmente bacterias y levaduras. Otros mucho más pequeños como los virus, son difíciles de filtrar debido a su diminuto tamaño.

Los filtros deben ser de tipo cartucho para tener un fácil mantenimiento y reemplazo, asimismo, los portacartuchos deben ser de preferencia de acero inoxidable o algún material que sea de grado alimenticio.

Se encuentran en el mercado distintas marcas y tipos de filtros de cartucho, pero lo que realmente importa es que cuenten con la capacidad de filtrar a 1 y 0,5 micrómetros.

Estos filtros son una alternativa a comprar un sistema de microfiltración especializado, así también se debe tomar en cuenta que el proceso al final tendrá una etapa de pasteurizado en frío por medio de la máquina de HPP.

3.2.1.10. Intercambiador de calor y equipo auxiliar

Estos equipos son indispensables para mantener el agua de coco a una temperatura baja, impidiendo la oxidación prematura que puede afectar al producto final. El agua de coco es un líquido natural que es propenso a descomponerse fácilmente al estar en contacto con microorganismo y también al exponerse a temperaturas altas, este factor puede reducirse manteniendo el agua de coco a una temperatura relativamente baja.

Para mantener una temperatura baja se propone un intercambiador de calor que funcione con un enfriador de agua o *chiller*, como también es conocido. Estos equipos deben ser dimensionados de acuerdo a las condiciones prevista de flujo, temperatura y presión, así también se debe tomar en cuenta las propiedades del líquido que se quiere enfriar.

Se ha determinado que, para este proyecto es más conveniente utilizar un intercambiador de placas, teniendo en cuenta que pueden ser mucho más compactos y adecuados para flujos pequeños.

- Condiciones de trabajo para los equipos
 - El caudal aproximado que pasará por las tuberías y equipos es de $1 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que todos los equipos deben ser calculados con este caudal.
 - Temperatura aproximada de entrada de agua de coco = $22 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - Temperatura optima de salida de agua de coco = $3 \sim 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - Líquido de enfriamiento = mezcla de agua/propilenglicol al 60 %.
 - Densidad ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) = $1,012 \pm 0,01 \text{ g/ml}$.

3.2.1.10.1. Especificaciones técnicas del enfriador de agua

Para la determinación de las capacidades del enfriador de agua y del intercambiador de placas fue necesario contactar con un proveedor especializado de estos equipos. Los proveedores cuentan con programas especializados para encontrar los equipos más recomendables para cada proceso. Los datos brindados por el proveedor fueron los siguientes:

- *Chiller* modelo ECCLP120A25/46 *Ecogreen*
 - *Chiller* capacidad 10 toneladas (120 000 btu h).
 - Voltaje 230 o 460 -03-60 Hz.
 - 2 compresores *Scroll* tipo hermético, flujo 18 galones por minuto.
 - *Display* control de temperatura electrónico.
 - Intercambiador de placas de acero inoxidable.
 - Válvulas de servicio líquido y succión.
 - Gabinete eléctrico, tarjeta de control y monitoreo electrónica, condensador enfriado por aire, refrigerante ecológico.

- Accesorios
 - *Switch* de flujo, *Harwill* para protección contra bajo flujo o pérdida de flujo.
 - Protector de fase electrónico de estado sólido programable para protección por falla de fase, alto y bajo voltaje, desbalanceo de fases.

3.2.1.10.2. Especificaciones técnicas del intercambiador de placas

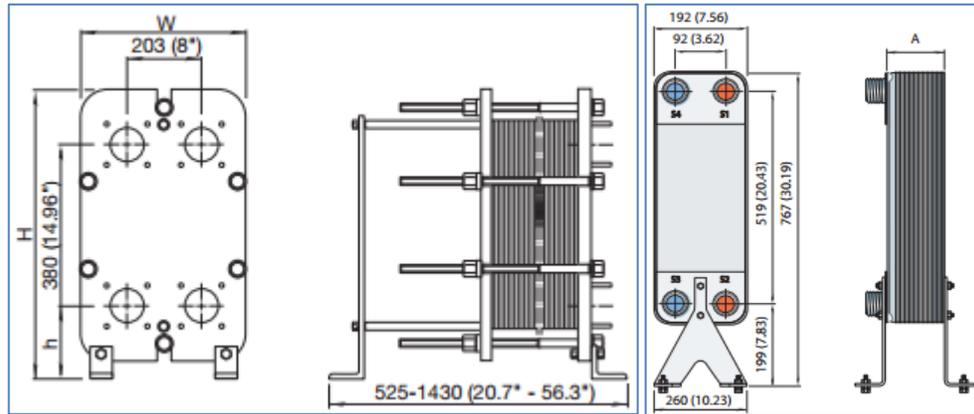
El intercambiador de placas también fue determinado de acuerdo a los datos que se le brindaron al proveedor especializado en estos equipos. La recomendación del proveedor fue un intercambiador de tipo placas con empaques, ya que cuenta con la ventaja de poder agregarles más placas o cambiarlas en caso fuera necesario darles mantenimiento, la otra opción es un intercambiador de placas soldadas, pero recomendó que es más confiable el tipo anteriormente mencionado.

Las recomendaciones fueron las siguientes:

- Intercambiador de placas Alfa Laval TS6 – M
 - 10 placas L 0.6 EPDMP
 - Caudal del líquido = 300 gpm
 - Calentamiento de agua con vapor = 200 – 1 800 kW
 - Tipos de trama = FG y FD
 - Tipo de placa = TS6 – M
 - Superficie máxima de transmisión = 13 m²

- Intercambiador de placas soldadas Alfa Laval AlfaNova 76 – 80H
 - Materiales estándar = acero inoxidable
 - Caudal de líquido máximo = 37 m³/h (163 gpm)
 - Número mínimo de placas = 10
 - Número máximo de placas = 150

Figura 22. Intercambiadores de placas TS6 – M y AlfaNova 76 – 80H



Fuente: Alfa Laval. Catálogos de fabricante.

3.2.1.11. Mesas giratorias de acumulación

Las mesas giratorias se encargarán de controlar el flujo de las botellas en la banda transportadora que recorrerá el área de llenado. Al inicio del proceso de llenado estará la primera mesa giratoria, en esta se colocarán los envases vacíos y cuando esté girando los acomodará automáticamente sobre la banda transportadora, al final del llenado y codificado se encontrará la segunda mesa giratoria en donde los envases, gracias al movimiento giratorio de la mesa, se irán acumulado a medida que entren en esta.

3.2.1.11.1. Especificaciones de la mesa de salida de envase

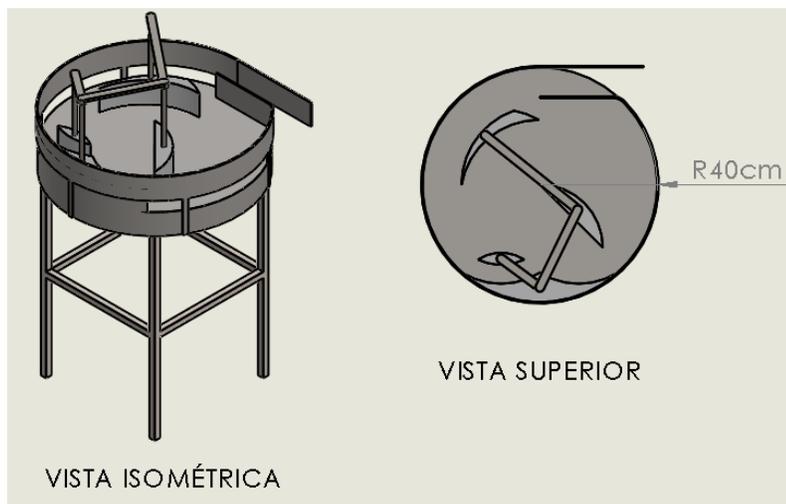
Esta mesa debe contar con los dispositivos que permitan el acomodamiento de los envases para salir a la banda transportadora, deberá tener la misma velocidad de la banda para una entrada suave de los envases.

La superficie debe ser de acero inoxidable completamente lisa con acabado de tipo espejo para permitir un deslizamiento en la base de las botellas.

El motor debe ser de $\frac{1}{4}$ de Hp trifásico a 60 Hz o menos, ya que solamente serán envases vacíos, así también deberá contar con un variador de velocidad para poder ajustar las revoluciones con la banda transportadora.

El diámetro de la superficie giratoria puede ser de 60 a 80 centímetros, con una altura ajustable para estar alineada con la banda transportadora.

Figura 23. **Mesa de salida de envase**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

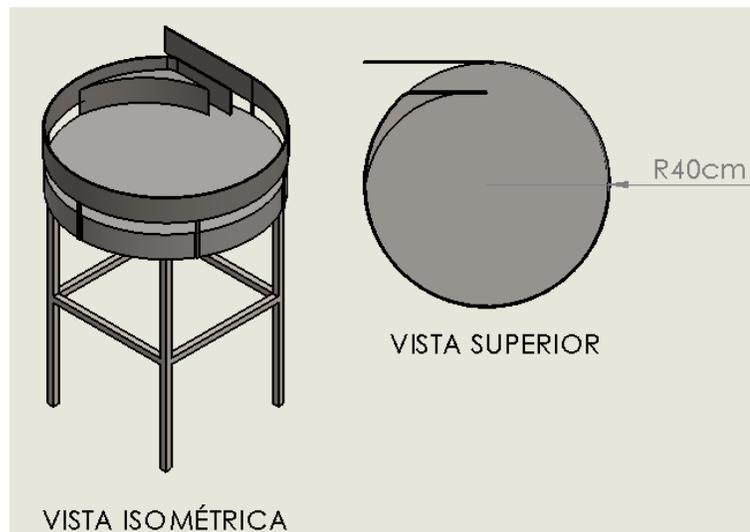
3.2.1.11.2. Especificaciones de la mesa de botellas llenas

Al igual que la mesa de salida de envase, debe tener una superficie de acero inoxidable con un acabado de tipo espejo, sin embargo, no es necesario que cuente con los dispositivos para acomodar los envases como tendría la primera.

Debe contar con un motor de $\frac{1}{4}$ de Hp trifásico a 60 Hz con un variador de velocidad.

La superficie giratoria debe ser de unos 80 centímetros para permitir una máxima capacidad de acumulación, asimismo, contar con altura ajustable.

Figura 24. **Mesa de botellas llenas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.12. Enjuagador de botellas

Las botellas, normalmente son enjuagadas previo a ser llenadas con el líquido, este proceso ayuda a que cualquier posible resto de polvo o basura sea eliminado de la botella antes de pasar a las siguientes etapas de la línea de embotellado.

Los fabricantes de máquinas llenadoras suelen unir las tres etapas (enjuagado, llenado y taponado) en una sola máquina para permitir una sincronización del proceso, sin embargo, para el proyecto de embotellado de agua de coco se cuenta con máquinas separadas, lo que hace necesario el uso de otra máquina especialmente diseñada para realizar el enjuagado.

3.2.1.12.1. Especificaciones técnicas requeridas

Las máquinas de llenado y taponado presentes en la fábrica Gordian® son de la marca Y.K.M., y es por esto que se dio prioridad a buscar una máquina enjuagadora de esta misma marca. Se ha encontrado el modelo de la máquina que podría funcionar en el proyecto de embotellado de agua de coco y sus características son las siguientes:

- Y.K.M. ZPC – 12 lavadora automática
 - Capacidad = 2000 – 2500 b/h
 - Volumen de botella = 200 – 1 500 ml
 - Potencia = 0,75 kW 220/380 v
 - Dimensiones = 135x135x190 cm
 - Peso = 800 kg

- Cabezales de sujeción = 12

Figura 25. Lavadora automática Y.K.M. ZPC – 12



Fuente: Y.K.M. ZCP-12 AUTOMATICWASHER. <http://www.ykmproductsltd.com/fragrances/zpc-12-automatic-washer-detail>. Consulta: diciembre de 2015.

3.2.1.13. Elevador de tapas

Considerando que la máquina taponadora no cuenta con un sistema que suministre tapas hasta el depósito superior en donde se encuentra el posicionador giratorio, entonces, es necesario diseñar una máquina o sistema que mantenga una cantidad constante de tapas hacia la taponadora.

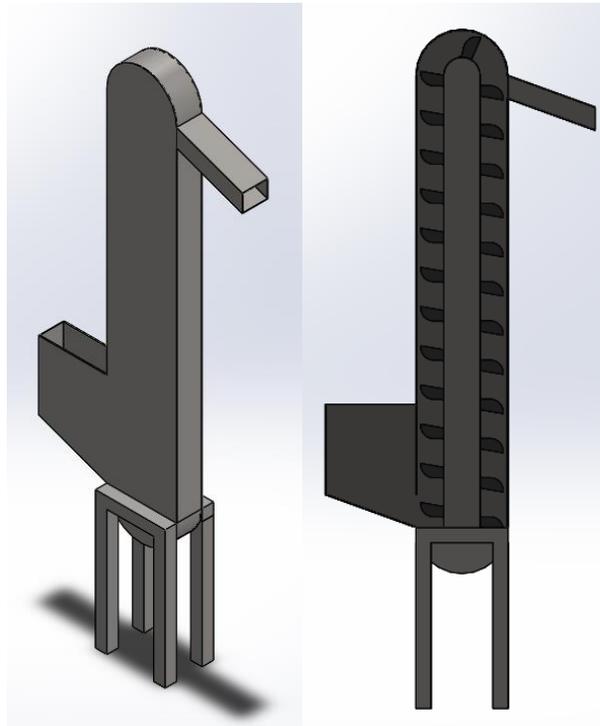
3.2.1.13.1. Diseño propuesto

Puede haber distintos diseños para estos tipos de máquinas, pero hay que buscar el más conveniente, se ha propuesto un diseño compacto del tipo elevador con cangilones, este debe ser de la altura ideal para que pueda alcanzar la parte superior de la taponadora; asimismo, tener un motor eléctrico con variador de velocidad que permita mantener un suministro de tapas

adecuado hacia el depósito superior. Es ideal que la estructura del elevador de tapas sea de acero inoxidable para mantener la inocuidad en el producto final.

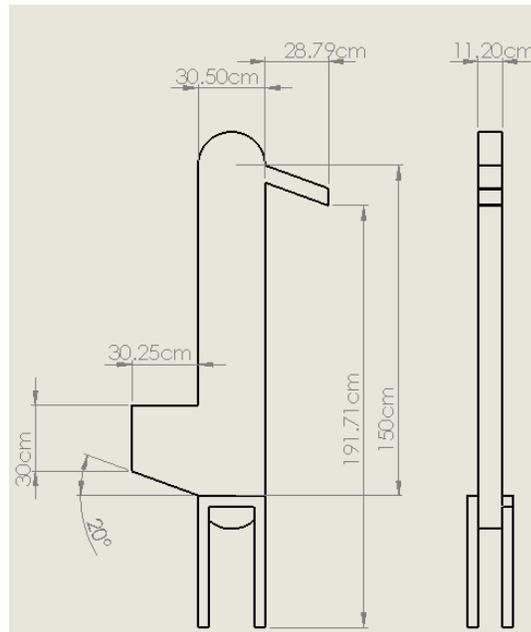
A continuación, en la figura 26 se puede ver una imagen con un diseño de la forma que podría tener el elevador de tapas.

Figura 26. **Elevador de tapas de tipo cangilones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

Figura 27. **Medidas de elevador de tapas de tipo canjilones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.14. Codificador

Como todo producto hecho con base en normas higiénicas, es indispensable que las botellas con agua de coco cuenten con un código de identificación del lote producido y la fecha de caducidad. Hay codificadores de distintos tipos, desde los más sencillos hasta los más complejos y por ende costosos.

El codificador más adecuado para el tipo de línea de embotellado que se planea desarrollar en Gordian® es el del tipo de inyección de tinta automático; en este tipo pueden conseguirse codificadores muy complejos de grandes capacidades, pero sería demasiado para las máquinas ya presentes, es por esto que, para iniciar la línea de embotellado de agua de coco se utilice un

codificador con características más realistas y acordes a las capacidades de los equipos que realmente se usarán.

3.2.1.15. Mesa de acumulación de paquetes

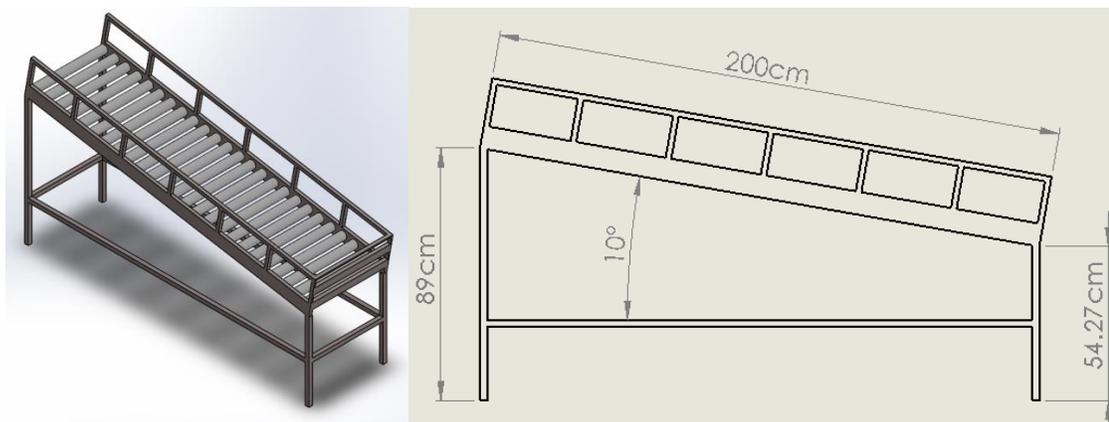
Esta mesa servirá para permitir que cierto número de paquetes (o cajas) se acumulen al final del horno eléctrico, esto dará tiempo al personal para que forme las tarimas que posteriormente serán almacenadas en cuartos refrigerativos.

3.2.1.15.1. Especificaciones técnicas propuestas

A continuación se presenta una serie de características con las que se pretendería fabricar la mesa de acumulación, su diseño es relativamente sencillo y puede ser fabricada con poca dificultad en un taller especializado en el territorio nacional.

- Superficie de deslizamiento con tubos de PVC de 2" de diámetro con rodamientos de bolas para permitir un giro suave.
- Estructura de tubo de acero cuadrado de 1" y tubo de acero rectangular de 1x2", cubierta con pintura anticorrosiva de buena calidad.
- Inclinación de 10 a 15 grados.
- Dimensiones de 2 metros de longitud por 50 centímetros de ancho, altura variable para permitir la inclinación adecuada de deslizamiento.

Figura 28. **Mesa de acumulación de paquetes**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.1.16. **Sistema CIP opcional**

El sistema CIP o de limpieza en sitio, necesario para la línea de embotellado de agua de coco, podría ser muy costoso si se solicita a las empresas especializadas, por este motivo se ha replanteado una nueva opción con equipo mínimo y características adecuadas permitiendo siempre una limpieza profunda de los equipos y máquinas de la línea.

A continuación se presentan los equipos que podrían utilizarse para elaborar el proceso de limpieza en sitio de la línea de embotellado de agua de coco.

El sistema CIP debe estar colocado lo más cerca posible de la sección de llenado para evitar demasiadas pérdidas por fricción en las tuberías, además de que hace más eficiente el ciclo de lavado.

El proceso CIP consistirá en que al principio se hará circular agua por todas la tuberías y equipos, posteriormente se agregará detergente (soda cáustica) mezclado con agua al sistema a temperatura relativamente alta, al finalizar el ciclo de detergente se desviará el flujo hacia el tanque de mezcla para un uso posterior, a continuación se hará el ciclo de agua mezclada con desinfectante (ácido peracético), y para finalizar se enjuagará el sistema solamente con agua como al principio del proceso.

3.2.1.16.1. Bomba centrífuga

Esta bomba se encargará de impulsar el agua y los químicos de lavado, al igual que las bombas de proceso es recomendable que esté fabricada con materiales de grado alimenticio, la potencia requerida del motor puede ser de $\frac{1}{4}$ de Hp, debido a que trabajaría en paralelo con las otras dos bombas de proceso.

3.2.1.16.2. Tanques de acero inoxidable

El propósito de estos tanques es el de almacenar y mezclar el agua con los químicos limpiadores, deberán ser dos tanques de alrededor de 300 litros que permita una buena cantidad de agua circulando por toda la sección de llenado. Es necesario también un tercer tanque de menor tamaño que los dos principales en donde se agregará el químico desinfectante.

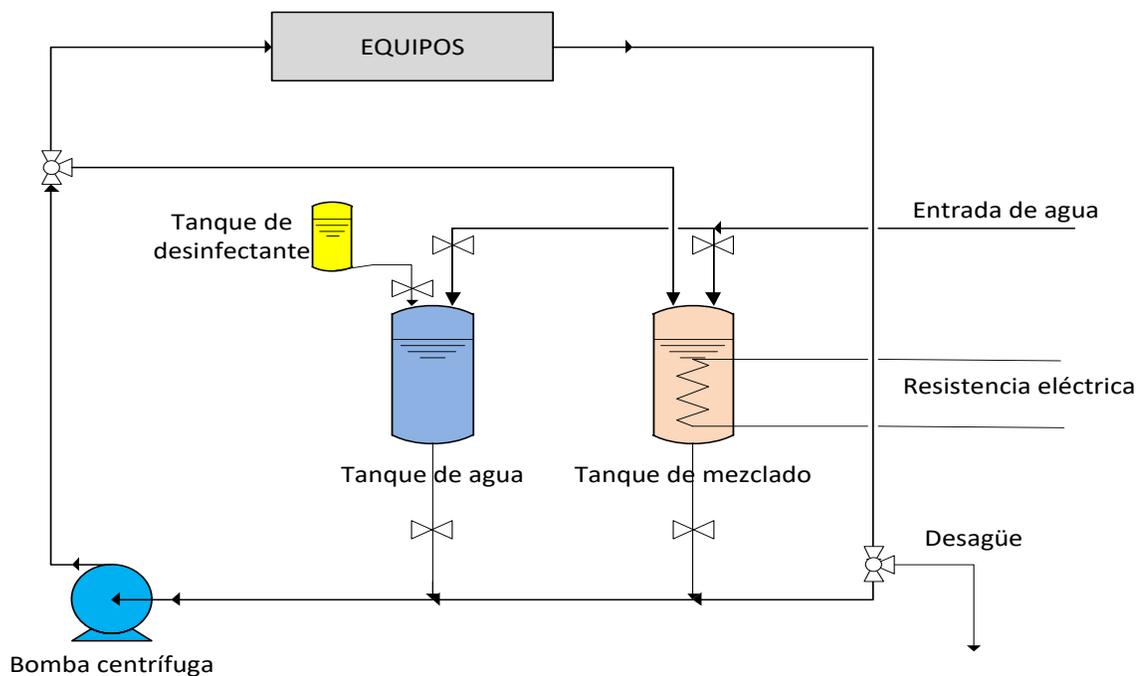
3.2.1.16.3. Accesorios

Al referirse a los accesorios se incluyen conexiones de tuberías, sensores de nivel de líquidos, válvulas y todo aquello que pueda servir en el sistema CIP. Todas las conexiones entre tuberías y accesorios se planifican del tipo *clamp*

para una fácil instalación. Se presenta una lista con los posibles accesorios que podrían necesitarse para tal propósito:

- 5 válvulas de mariposa con accionamiento neumático.
- 2 válvulas de 3 vías tipo bola con accionamiento neumático.
- De 4 a 6 sensores de nivel de líquidos de tipo conductivo.
- Resistencia eléctrica sumergible protegida contra químicos corrosivos.
- Sensor de temperatura.
- 2 conexiones tipo "Y" de acero inoxidable.
- Controlador PLC para hacer los distintos ciclos de limpieza.
- Tubería necesaria de 1 ½ pulgada con conexiones tipo *clamp*.

Figura 29. Diagrama de sistema CIP



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

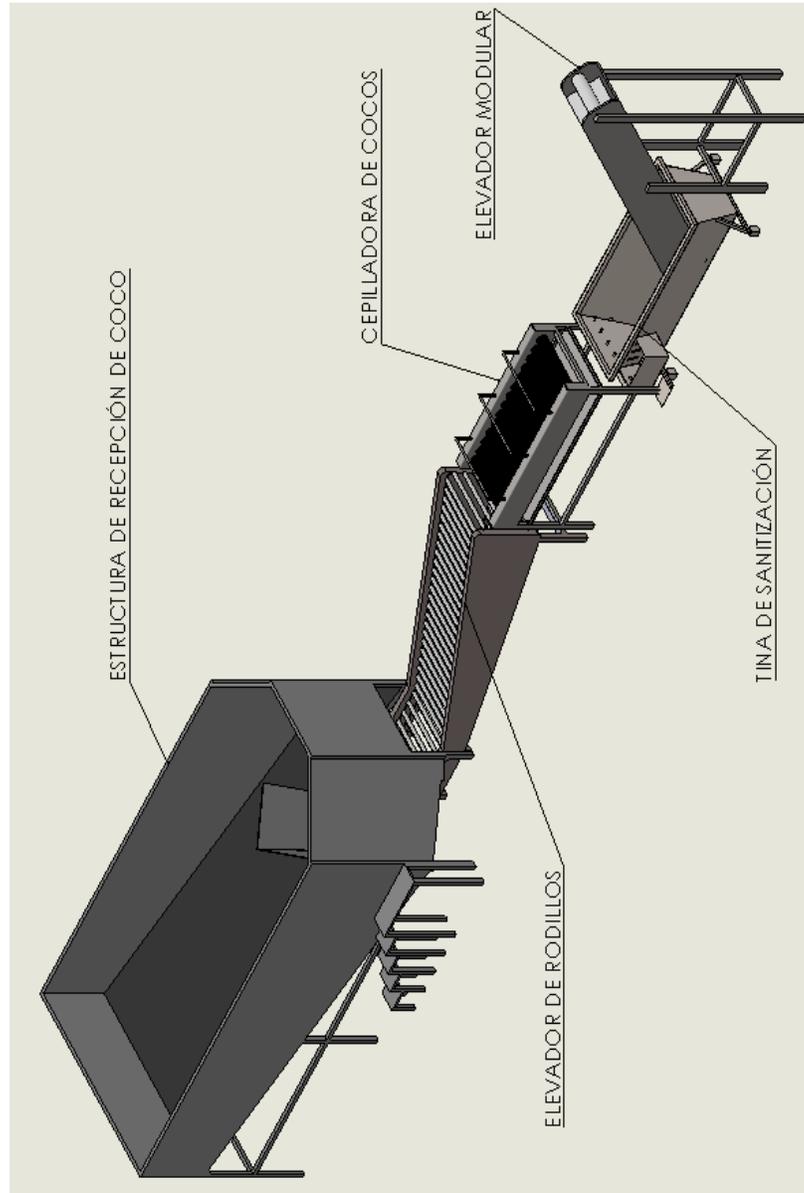
3.2.2. Distribución de la línea de embotellado de agua de coco

La línea de embotellado de agua de coco tendrá tres secciones o fases principales en donde estarán las máquinas y equipos especiales para cada una de estas, la posición final dependerá del área en donde estará instalada la línea completa, por lo que a continuación se presentan los planos con la posición ideal para cada fase.

3.2.2.1. Plano de la fase del manejo de coco

En la figura 30, se describe el plano de la fase del manejo de coco.

Figura 30. Fase del manejo de coco

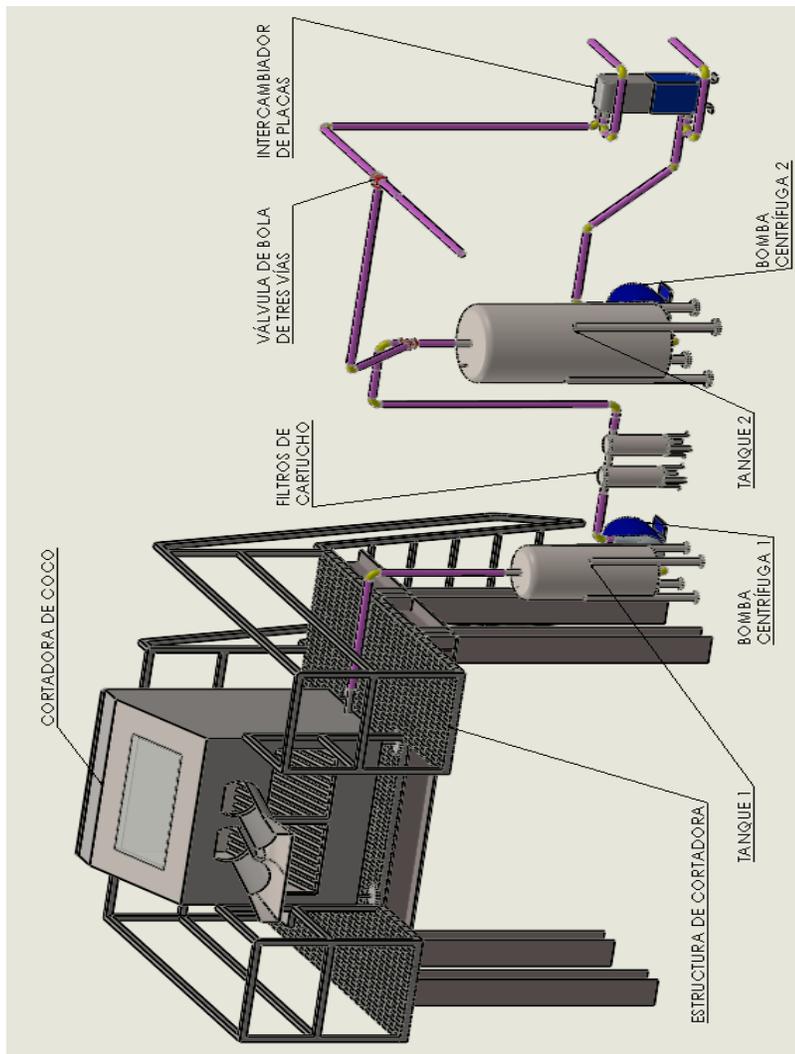


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.2.2. Plano de la fase del tratamiento de agua de coco

En la figura 31, se describe la fase de tratamiento de agua de coco.

Figura 31. Fase de tratamiento de agua de coco

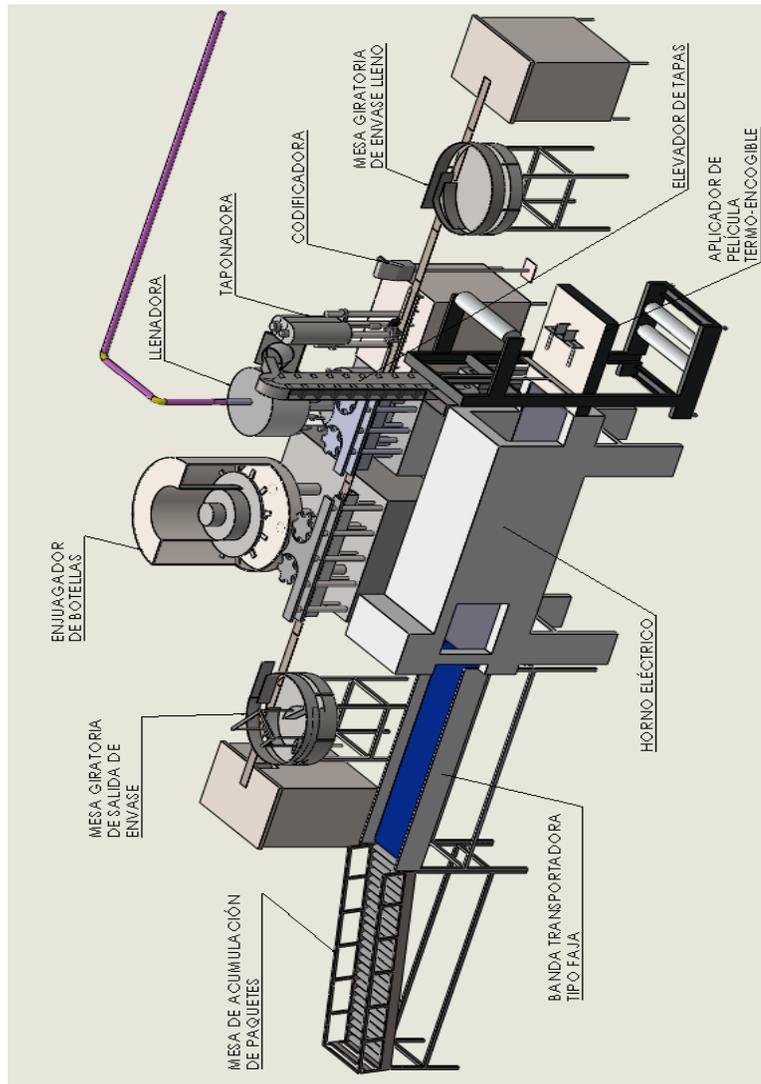


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.2.3. Plano de la fase de llenado

En la figura 32, se muestra la fase de llenado.

Figura 32. Fase de llenado

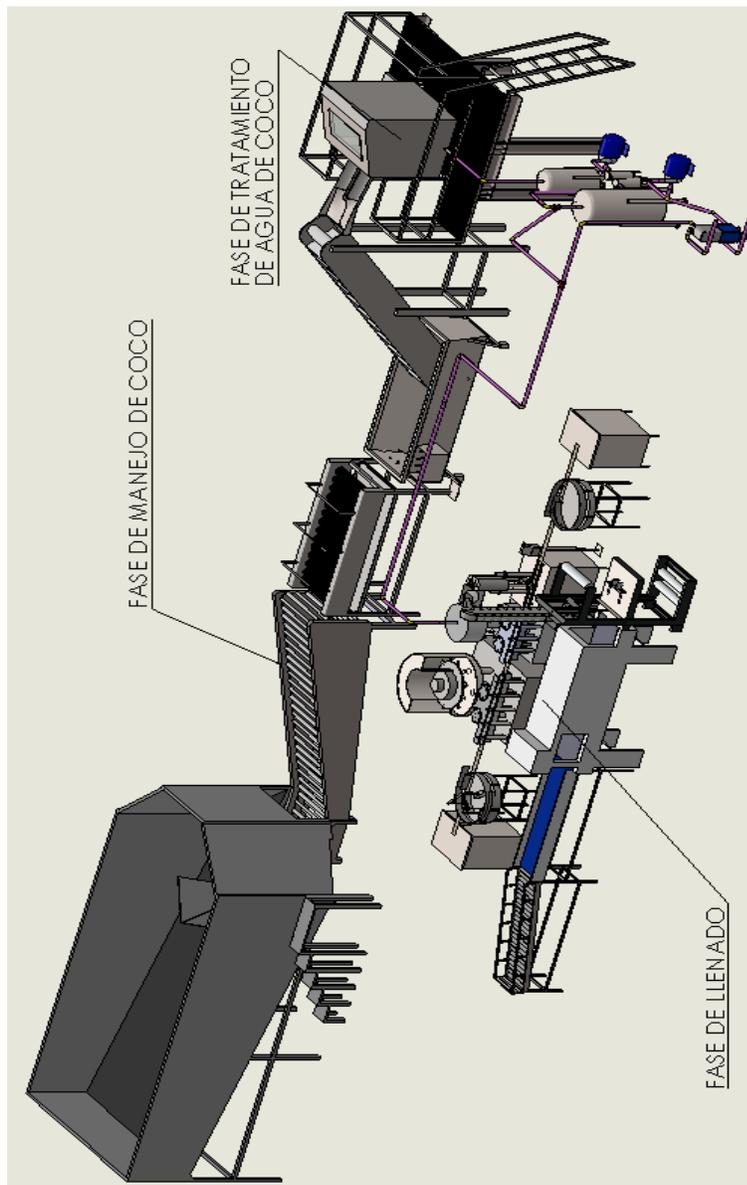


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.2.4. Distribución completa de la línea

En la figura 33, se muestra la distribución completa de la línea

Figura 33. Distribución completa de la línea



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.2.3. Descripción del proceso de embotellado

El proceso completo del embotellado de agua de coco puede dividirse en dos subprocesos, el primero es el del agua de coco y el segundo el de embotellado propiamente dicho.

- Descripción del proceso del agua de coco
 - En el inicio entrará el coco previamente verificado por el personal de control de calidad a la estructura de recepción de coco, entrará por un extremo y por gravedad rodará hacia el orificio en donde se encuentra el transportador de rodillos y este lo llevará a la siguiente etapa.
 - A continuación será cepillado y lavado con agua por medio de unas espreas que estarán por todo el recorrido de la máquina cepilladora, esta etapa es para eliminar posibles basuras y suciedad en la superficie del coco.
 - Después del cepillado, los cocos rodarán por una pequeña rampa hasta la tina de sanitizado, aquí se desinfectará en lo mayor posible la superficie del coco para evitar que lleguen gérmenes a la siguiente etapa.
 - Por medio del elevador modular se sacará el coco desde la tina hacia la cortadora de coco, durante el transporte habría idealmente unos sopladores que secarían los cocos antes de ser cortados, al llegar arriba descenderán por una rampa hacia la máquina cortadora, aquí será extraída el agua de coco, en la cortadora se aplicará la prefiltración utilizando la malla mesh.
 - Por medio de gravedad el agua será almacenada en un tanque de de 100 litros, al estar en su nivel máximo se accionará la primera

bomba centrífuga que impulsará el agua de coco hacia los filtros de cartucho de 1 μm y 0,5 μm en ese orden.

- El agua de coco ya estando filtrada se almacenará en un tanque de 300 litros, el cual al estar lleno accionará la siguiente bomba centrífuga que la impulsará hacia el intercambiador de calor de placas, aquí la temperatura tendrá que descender desde unos 22 °C a unos ideales 4 °C.
 - Posterior al intercambiador de placas el agua se dirigirá por una válvula de tipo bola con accionamiento neumático de tres vías, por medio de un sensor de temperatura se verificará que el agua de coco se mantenga en una temperatura menor de 6 °C, de no ser así se accionará la válvula que redirigirá el flujo hacia el tanque de 300 litros para que pase nuevamente por el intercambiador de placas.
 - El agua de coco ya estando tratada se dirigirá desde la válvula de control de temperatura hacia la llenadora de 12 boquillas por medio de las tuberías de acero inoxidable.
- Descripción del proceso de embotellado
 - Se solicitará al proveedor de botellas plásticas que estas ya cuenten con la respectiva etiqueta diseñada por Comeragua S. A. / Gordian® y serán verificadas por el personal de control de calidad.
 - Las botellas serán colocadas en la mesa giratoria que estará al inicio de la banda transportadora en donde entrarán por medio de un mecanismo de la propia mesa.
 - Desde la banda transportadora llegarán las botellas hasta la enjuagadora en donde se les aplicará un chorro de agua a presión

que quitará los posibles restos de polvo o suciedad en el interior de la botella.

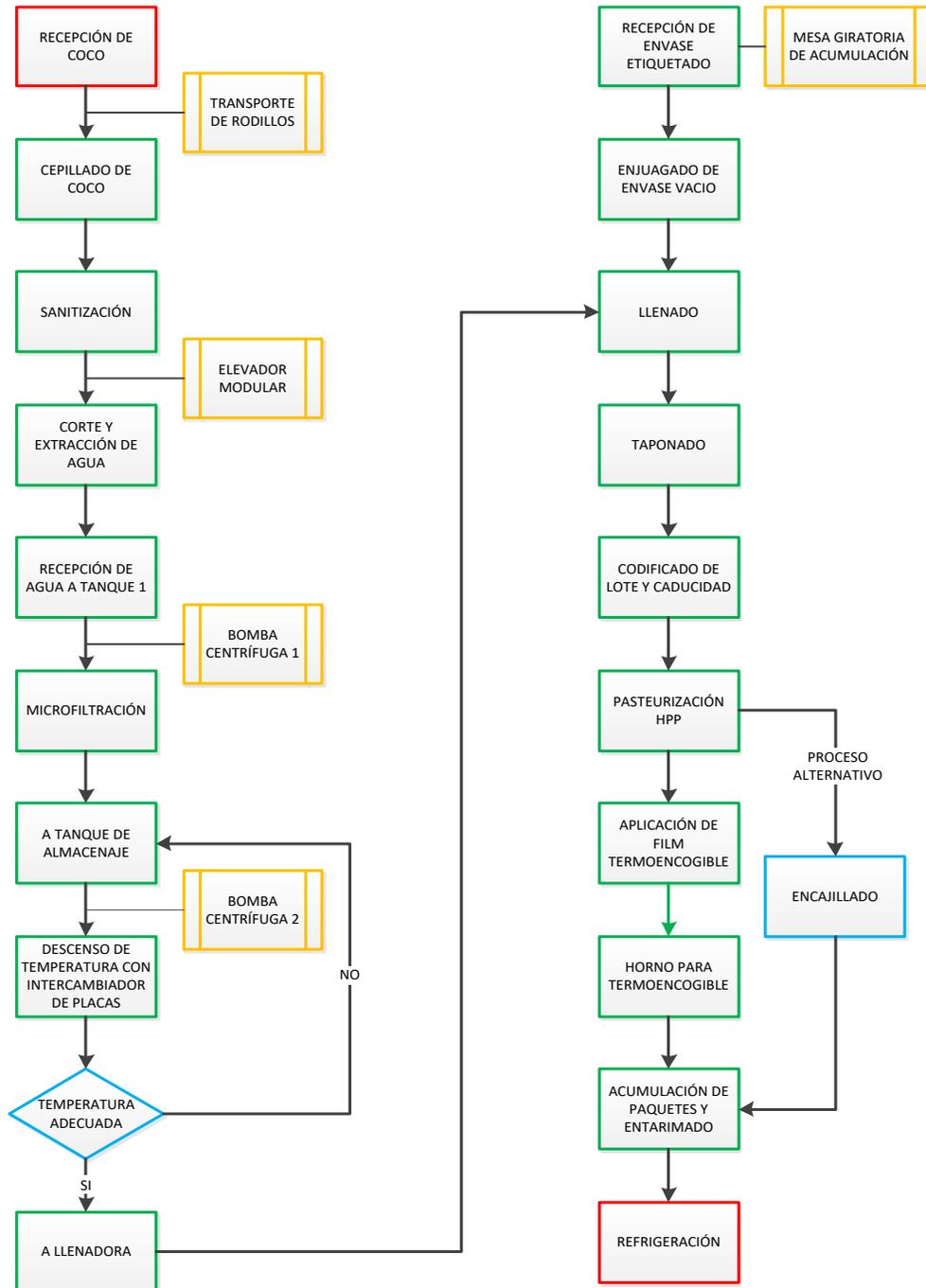
- Una vez enjuagadas las botellas procederán a entrar en la llenadora de 12 boquillas para lo cual serán llenadas con el agua de coco.
- Siguiendo desde la llenadora estará la etapa de taponado, aquí se le aplicará la respectiva taparosca a cada envase.
- Al salir de la taponadora las botellas pasarán por la codificadora automática, en donde se les imprimirá el número de lote y fecha de caducidad para posteriormente llegar a la mesa giratoria de acumulación por medio de la banda transportadora, aquí esperarán para que el operario coloque las botellas llenas en las canastas para el proceso de HPP.
- Una vez terminado el proceso HPP se procederá a llevar nuevamente las botellas a la zona de llenado.
- Una persona se encargará de formar rápidamente los paquetes de 3x4 botellas, se aplicará y sellará la película de plástico termoencogible.
- Ya estando los paquetes formados se procederán a meter en el horno y por convección se sellará la película plástica, esta etapa no debe llevar mucho tiempo para no elevar demasiado la temperatura del agua de coco, al salir del horno habrá un soplador que enfriará el plástico.
- En el final del horno habrá una banda transportadora que alejará el paquete del calor y lo dirigirá hacia una mesa de acumulación de paquetes. Aquí se acumularán los paquetes para que sean colocados en las tarimas.
- Se formarán tarimas con varios paquetes de botellas, se le aplicará el *stretchfilm* para posteriormente ser refrigeradas.

- Se plantea un proceso alternativo a la etapa del horno eléctrico en donde se excluye su uso, para que las botellas inmediatamente al salir del proceso de HPP sean empacadas en cajas de cartón y colocadas en la mesa de acumulación de paquetes para que se formen las tarimas.

3.2.3.1. Diagrama de flujo

En el diagrama de flujo se muestran las etapas principales del embotellado de agua de coco, es solamente una manera de representar el proceso en pasos reconocibles (ver figura 34).

Figura 34. Diagrama de flujo



Fuente: elaboración propia.

3.3. Generación de un plan de mantenimiento

Una vez que la línea de embotellado de agua de coco está planeada con diversas máquinas y equipos, es necesario establecer un plan de mantenimiento eficiente que incluya las rutinas adecuadas. Para realizarlo es ideal contar con los manuales de cada máquina y equipo, desafortunadamente estos manuales no se encuentran en Gordian®, haciendo un poco difícil generar las rutinas de mantenimiento, ya que no se tiene ninguna base de inicio, en consecuencia se ha elaborado un plan de mantenimiento generalizado con las actividades más comunes o relevantes para cada equipo y maquinaria presente y futuro.

3.3.1. Establecimiento de la criticidad de los equipos

En primera instancia se debe explicar el método de criticidad a utilizar para priorizar el plan de mantenimiento.

La criticidad es la importancia asignada a una máquina o equipo en el efecto que puede ocasionar una falla o avería en un proceso determinado, cada equipo tiene que ser evaluado respecto a márgenes que son importantes para la producción. La criticidad puede ser evaluada con diferentes referencias, por ejemplo: la inocuidad, calidad, seguridad, materia prima usada, consumo de energía, desgaste, vibración, entre otros.

El plan de mantenimiento para ser desarrollado tomará en cuenta la inocuidad, calidad y seguridad del personal, ya que estos tres aspectos son de gran importancia para el proceso de embotellado de agua de coco. Es de esperarse que haya equipos con diferentes aspectos a tomar en cuenta como el desgaste, para solucionar esto se hará que las partes con mayor desgaste

tengan una verificación más minuciosa y aseguren su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo, en caso de no ser tan críticos para el proceso.

3.3.1.1. Criterios para la asignación de criticidad

La inocuidad es importante para que el producto sea seguro para el consumo humano, se pretende tener una máxima inocuidad en el producto final debido a que en Comeragua S. A. / Gordian® se tienen altos estándares en cuanto a este aspecto.

En cuanto a la calidad es bien sabido que cualquier consumidor busca una buena relación precio/calidad, por lo que el producto final debe tener buena calidad sin rebasar costos en exceso.

Ahora bien, la seguridad del personal puede no ser vista por el consumidor final del producto, aun así es importante tomarla en cuenta para el plan de mantenimiento, puesto que suelen haber máquinas con piezas móviles peligrosas para el personal operador.

3.3.1.2. Designación a usar para la clasificación

Para clasificar los distintos equipos se hará uso de letras mayúsculas en orden alfabético, empezando desde la letra A, sucesivamente llegando hasta la letra D, siendo esta la última en formar parte de la clasificación. En el listado de los equipos podrá haber distintas combinaciones de letras según el equipo o máquina.

3.3.1.2.1. Equipos tipo A

Estos serán los que tengan una relevante importancia en cuanto a la inocuidad, ya sea porque estén en permanente contacto con el producto o por alguna falla lleguen a contaminarlo.

Se puede perder la inocuidad de distintas maneras, en cuanto a las máquinas que están en contacto con el producto deben ser lavadas y limpiadas constantemente y verificar cualquier indicio de contaminación cruzada.

3.3.1.2.2. Equipos tipo B

Estos serán los que tengan influencia en la calidad del producto final, normalmente, si no se consigue una buena calidad es por la falla de la máquina o equipo, aunque también puede deberse a un error humano al momento de estar operando las máquinas.

La calidad debe ser verificada constantemente por el Departamento de Control de Calidad, se deben inspeccionar distintos aspectos tanto del producto en sí como la condición del envase y empaçado.

3.3.1.2.3. Equipos tipo C

La letra C será asignada a los equipos que, por algún motivo podrían poner en peligro la integridad física del personal operario, supervisor o cualquiera que podría verse afectado.

Los equipos tipo C podrían no ser tan comunes si se utilizan las protecciones y los procedimientos preventivos adecuados, a esto se le tiene

que agregar una constante capacitación sobre el uso correcto de los distintos tipos de máquinas y equipos.

3.3.1.2.4. Equipos tipo D

Por último, la letra D será asignada a aquellas máquinas o equipos que no tengan probabilidad de afectar el producto en cualquiera de los aspectos anteriores, asimismo, no representan un peligro potencial para las personas cercanas.

Aunque estos equipos no afecten a los tres aspectos anteriores no deben ser eliminados del plan de mantenimiento, ya que de algún modo pueden tener desgaste, corrosión o algo que afecte su integridad estructural.

3.3.1.3. Orden de criticidad según designación

A continuación, se clasificarán los distintos equipos según la letra asignada, se iniciará en la criticidad con los equipos que tengan una combinación de tres letras, siguiendo con las combinaciones de dos letras, y por último, las que tengan asignada una sola letra. Cabe destacar que la criticidad asignada define la prioridad para el mantenimiento, pero en caso de falla se debe atender el equipo defectuoso inmediatamente.

3.3.1.3.1. Listado de equipos tipo ABC

En este listado se encuentran solamente dos máquinas.

- Cortadora de coco: afecta la inocuidad por su contacto constante con el producto, la calidad porque sin esta máquina no se puede extraer el

producto y la seguridad, porque cuenta con mecanismos y piezas que pueden causar heridas.

- Máquina de pasteurización en frío HPP: al igual que la cortadora de cocos; sin esta máquina se afectan la inocuidad y la calidad, al manejarse muy altas presiones se debe tener sumo cuidado al momento de operar o realizar mantenimientos.

3.3.1.3.2. Listado de equipos tipo AB, AC, BC

Estos tipos de grupos son más comunes, puesto que muy pocos cuentan con las características para pertenecer a la primera categoría.

Tabla V. Listado de equipos de dos letras

Bombas centrífugas 1 y 2	AB
Intercambiador de placas y enfriador de agua	AB
Enjuagador de botellas	AB
Llenadora	AB
Taponadora	AB
Sistema CIP	AB
Cepilladora de cocos	AC
Aplicador de película termoencogible	BC
Horno eléctrico	BC

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.3.3. Listado de equipos con una sola designación

A continuación en la tabla VI se enlistan los equipos con una sola letra asignada; estos, si bien no cuentan con otra asignación, también son importantes para el proceso de embotellado de agua de coco.

Tabla VI. Listado de equipos con una sola designación

Filtros de cartucho	A
Elevador de tapas	A
Válvula de control de temperatura	B
Codificadora	B
Transportador de rodillos	C
Elevador modular	C
Banda transportadora de acero inoxidable	C
Estructura de recepción de cocos	D
Tina de sanitización	D
Tanque de acero inoxidable 1 y 2	D
Mesas giratorias de acumulación	D
Banda transportadora tipo faja	D
Tuberías y accesorios	D

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Administración del mantenimiento

Se refiere a todos los aspectos a considerar para realizar un plan de mantenimiento eficiente manteniendo siempre registros de cada trabajo.

Es importante contar con los distintos documentos básicos que permitan llevar registro de todas las actividades del mantenimiento en la línea de embotellado de agua de coco, ya que ayudan a mantener un plan bien administrado y regulado según las necesidades.

3.3.2.1. Tipo de mantenimiento a brindar

Dependiendo del tipo de mantenimiento asignado a una máquina así va a ser su funcionamiento y durabilidad, generalmente se puede clasificar en correctivo, preventivo y predictivo. Existen otras clasificaciones del mantenimiento, pero estas tres son las principales y a las que comúnmente se puede tener acceso.

El mantenimiento incluido en este plan se centraliza en el tipo preventivo y correctivo, se excluye cualquier otro tipo como el predictivo, porque se necesitaría una gran inversión y los equipos no son de la categoría adecuada para este tipo de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo, aplicado a este proyecto consistirá, primordialmente en verificaciones diarias, semanales y mensuales de las condiciones de piezas de los equipos más críticos, por consiguiente, los equipos con poca criticidad no tendrán una mayor presencia en el preventivo pero serán verificados igualmente de manera periódica. El tipo correctivo será de manera general en caso de presentarse una falla o desperfecto en cualquiera de los equipos no importando su criticidad.

3.3.2.2. Personal técnico encargado del mantenimiento

Es necesario implementar un equipo de trabajo para brindar la mayoría de mantenimiento a la línea de embotellado de agua de coco, sí evitar subcontratar servicios externos.

El equipo puede estar conformado de la siguiente manera:

- Técnico mecánico: este se encargará exclusivamente a realizar trabajos de mantenimiento de máquinas y equipos de tipo mecánico, como: motores, reductores de velocidad, lubricación, verificación de funcionamiento correcto de las máquinas. En general se encargará de lo relacionado a las piezas móviles y desgaste.
- Técnico electricista-refrigeración: tendrá a su cargo el mantenimiento de todo el sistema eléctrico que se utilice para alimentar de energía a la línea de embotellado de agua de coco, así también de mantener en correcto funcionamiento el sistema del enfriador de agua y el intercambiador de calor de placas.
- Técnico en trabajo en metal: hará fabricaciones o reparaciones en estructuras metálicas, ya sea de soporte de equipos, soldaduras de emergencia o proyectos nuevos que requieran el uso de soldadura y trabajo en metal en general.
- Encargado de infraestructura: responsable de mantener las estructuras y equipos con la pintura en buenas condiciones, incluyendo las instalaciones de la línea de embotellado, para evitar un acelerado deterioro, además brindará apoyo a cualquiera de los otros técnicos de mantenimiento si fuera necesario.
- Supervisor de mantenimiento: brindará soporte a cada técnico con la toma de decisiones y trabajos de emergencia. Supervisará el trabajo de cada técnico periódicamente para asegurar un correcto procedimiento de mantenimiento. Será el encargado de comunicarle al jefe de mantenimiento cualquier anomalía que encuentren los técnicos durante la realización de las tareas.
- Jefe de mantenimiento: encargado de administrar y llevar el control de las órdenes de mantenimiento preventivo y correctivo. Comunicará al supervisor las tareas diarias a realizar y la información proporcionada por

los gerentes de mayor rango. Será el encargado de velar porque haya un constante suministro de materiales y herramientas adecuadas.

3.3.2.3. Clasificación de las tareas de mantenimiento

Un plan de mantenimiento no funciona si no se determinan las tareas que se van a programar, esto es importante porque así se define el tipo de mantenimiento que se planea realizar. Si las tareas son distintas a los objetivos que pretende el plan de mantenimiento, entonces se puede ver afectada su funcionalidad y propósito.

De acuerdo a un plan de mantenimiento preventivo y correctivo se pueden establecer las siguientes tareas:

- Inspección VOSO: su nombre proviene de las acciones de ver, oír, sentir, oler; y consiste primordialmente en encontrar posibles fallas o desperfectos que pueden afectar el funcionamiento de cualquier máquina haciendo uso de los sentidos. Con VOSO se pueden ver fugas o desgaste prematuro, oír sonidos fuera de lo común, sentir vibraciones o aumento de temperatura y detectar olores que no deberían estar presentes.
- Lubricación: desde un punto de vista general se puede establecer una lubricación con aceites o bien con grasas adecuadas para el procesado de bebidas. Para la lubricación se deben emplear lubricantes adecuados de grado alimenticio que sean compatibles con los requerimientos de cada máquina.

- Limpieza: es importante para evitar acumulación de materiales sólidos y líquidos sobre las superficies de las máquinas, así también mantiene en buen estado la condición de estructuras que pueden corroerse.
- Verificación: se comprueba que la máquina funcione normalmente sin atrancamientos ni pérdida de potencia o rendimiento.
- Ajustar o corregir: si después de una verificación se encuentran problemas se debe realizar un ajuste o corregir la falla que se presente. También puede ajustarse un equipo por cambios de holgura debido a movimiento repetitivo.
- Calibración: para los instrumentos de medición que se tengan y necesiten calibración para su correcto funcionamiento, normalmente en transductores de presión, termómetros y manómetros.

3.3.2.4. Establecimiento de la frecuencia para realizar tareas

Es importante mantener un continuo periodo de tiempo entre cada tarea realizada, esto beneficia el buen funcionamiento de las distintas máquinas en la línea de embotellado, debe ser el periodo correcto para mantener un índice bajo de fallas, pero también un nivel mínimo de gastos en mantenimiento preventivo.

Se plantea la siguiente manera para establecer la frecuencia de tareas de mantenimiento:

- Tipo diario: para tareas que no impliquen una gran carga al gasto en mantenimiento, como inspección VOSO o verificaciones simples. Se puede hacer uso de las comunes *check - list*.

- Tipo semanal: cuando sea necesario realizar tareas importantes, pero que no impliquen una gran cantidad de tiempo invertido en mantenimiento.
- Tipo mensual: para cuando se requiera una gran cantidad de tiempo invertido en mantenimiento o bien las áreas afectadas no sufran desperfectos constantemente.
- Tipo trimestral o varios meses: comúnmente cuando se tienen que hacer cambio de piezas de desgaste o movimiento continuo.
- Tipo anual o mayor: cuando la reparación conlleve la detención de producción por un largo periodo de tiempo. También se puede ver en la calibración de instrumentos de medición.

3.3.2.5. Creación de formatos para rutinas de mantenimiento

Los formatos se realizaron en el programa de Excel, por lo que tienden a ser de gran tamaño para incluirlos en este documento, se agregan los formatos como imágenes para tomar una idea de estos.

Hay dos hojas en las rutinas, una con tareas diarias y otra con tareas ordenadas por semanas y meses, esto es útil para llevar un control de los trabajos realizados y los que queden pendientes.

El orden de los equipos está de acuerdo a la criticidad asignada previamente, así también se agregan las tareas a realizar con un periodo de tiempo determinado.

Figura 36. Rutinas de mantenimiento por semana

PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
LÍNEA DE EMBOTELLADO DE AGUA DE COCO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PERIODO DE USO:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PG-MA-G-PL-00X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
EQUIPO	ACCIONES	CRITICIDAD	CÓDIGO	PERIODO DE USO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECEMBRE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
CORTADORA DE COCOS	Comprobar rodamientos de motor	ABC		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento general para realizar las rutinas diarias y semanales
 - Ubicar la rutina en la calendarización.
 - Verificar el tipo de tarea a realizar (lubricación, verificación, corrección, entre otros).
 - Recibir orden de trabajo por parte del supervisor de mantenimiento.
 - Revisar la ficha técnica del equipo para identificar la información importante.
 - Dependiendo del equipo y la tarea planificada, obtener y contabilizar la herramienta e insumos recomendados por la ficha técnica y el supervisor.
 - Proceder a colocar el equipo de protección personal y dirigirse a la zona del mantenimiento.
 - Anotar la hora y fecha de inicio de la tarea en la orden de trabajo.
 - Realizar la tarea de mantenimiento, si se concluyó, entonces anotarlo en la orden y de no haber concluido, también anotarlo en la orden para un mejor control.
 - Entregar orden de trabajo al supervisor, este se encargará de registrarla y archivarla.

- Equipo e insumos sugeridos para las rutinas de mantenimiento
 - Lubricación: lubricantes aprobados por Gordian (grasa o aceite), *wipe*, guantes de nitrilo, engrasadora o aceitera según sea el caso, herramienta necesaria para desarmar piezas si fuera necesario (llaves de tornillo, destornilladores, pinzas, entre otros).
 - Verificación: nivel de burbuja, termómetro de lectura rápida o también de tipo láser, estetoscopio industrial para detectar ruidos

en los equipos, medidor de vibraciones portátil, cuaderno de apuntes o listado de verificación, multímetro.

- Reparación o corrección: herramienta necesaria para despiece y desarme del equipo, *wipe*, líquido limpiador aprobado por Gordian, repuestos específicos de cada equipo.
- Mantenimiento mayor: herramientas para desarme del equipo, si es necesario un montacargas para trasladar el equipo a otra área más adecuada, repuestos, *wipe*, líquido limpiador aprobado por Gordian, manual o instructivo del equipo, lubricantes.
- Limpieza: *wipe*, líquido limpiador, líquido para pulir superficies aprobado por Gordian, atomizador.

3.3.2.6. Creación de formatos para órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo son útiles para llevar un control de cada trabajo realizado por los técnicos; es entregada a los técnicos y estos deben llenar los datos que se encuentran en ella, el supervisor será el encargado de recibir las órdenes llenas y hacerlas llegar al jefe de mantenimiento. El tamaño de cada orden es de media carta y pueden ser solicitadas en formato de talonario en una imprenta. (ver figura 37).

Figura 37. Orden de trabajo

		ORDEN DE TRABAJO Línea de agua de coco		
				Orden No. _____
Tipo de mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Otro	Fecha de orden
Técnico responsable (nombre)	Equipo a trabajar		Código de equipo	
Solicitado por:				
Hora de inicio:		Hora de finalización:		
Trabajo a realizar				
Repuestos usados				
Observaciones				
Finalizada:	Motivo:			
SI _____				
NO _____				
_____ Firma de técnico responsable		_____ Firma de jefe de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.7. Creación de formatos de ejecución de trabajo

Este documento está enfocado hacia el supervisor de mantenimiento, quien deberá llenar los campos de dicho documento para respaldar la información brindada por los técnicos en las órdenes de trabajo. El documento es tamaño carta. (ver figura 38).

Figura 38. Ejecución de trabajos de mantenimiento

		REPORTE DE EJECUCION DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO Línea de agua de coco				
Nombre del supervisor						
Tipo de mantenimiento	Preventivo	Correctivo	Otro	Fecha	Hora	
Máquina	Código		Tiene falla		Se puede corregir inmediatamente	
			SI	NO	SI	NO
Motivo del mantenimiento						
_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____						
Técnico(s) encargado(s) del mantenimiento y orden respectiva						
_____ Supervisor de mantenimiento				_____ Jefe de mantenimiento		

Fuente: elaboración propia

3.3.2.8. Creación de fichas técnicas de los equipos

Para facilitar las tareas de mantenimiento se creó un documento en donde se debe agregar la información importante de los equipos de la línea de embotellado de agua de coco. El documento está en tamaño carta. (ver figura 39)

Figura 39. Fichas técnicas de equipos

		FICHA TECNICA DE EQUIPO			
NOMBRE:		MARCA:		CODIGO DE ACTIVO:	
UBICACION:		CRITICIDAD:		MODELO/No. DE SERIE:	
BREVE DESCRIPCION:					
PESO:		ANCHO:		CAPACIDAD:	
ALTO:		LARGO:		VELOCIDAD:	
NECESITA LUBRICACION			SI	NO	
TIPOS DE LUBRICANTES					
DEPARTAMENTO RESPONSABLE:			PERSONA RESPONSABLE DE OPERACION:		
OBSERVACIONES:					

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.10. Creación de formato de requisición de repuestos

Este documento también es utilizado por el jefe de mantenimiento, el técnico solicitará los insumos que necesite y el jefe de mantenimiento debe llenar los campos vacíos del documento, posteriormente se entregará al Departamento de Compras de la empresa. El formato está en hojas carta horizontal para permitir más espacio de escritura. (ver figura 41).

Figura 41. Requisición de repuestos

Documento No.		FECHA				
Técnico que solicita			Nivel de urgencia	Alto	Medio	Bajo
Repuesto	Código	Cantidad	Donde se utilizará			
Observaciones						
_____			_____			
F. Técnico que solicita			F. Jefe de mantenimiento			

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA

Esta fase es indispensable para hacer efectivo el ejercicio profesional supervisado, la docencia se realizó en las instalaciones de Comeragua S. A. / Gordian® en una sala equipada para presentaciones en computadora.

4.1. Objetivos

- Hacer que los trabajadores de Comeragua S. A. / Gordian® adquieran conocimientos útiles para realizar sus tareas diarias de manera correcta.
- Apoyar al jefe de mantenimiento en capacitar a los técnicos del área en procedimientos específicos del mantenimiento.

4.2. Capacitación al personal de mantenimiento sobre el procedimiento correcto de mantenimiento

Esta capacitación fue realizada de acuerdo a un documento presente en el Departamento de Mantenimiento, contiene todos los procedimientos adecuados para realizar los distintos tipos de trabajos en la empresa. Es de vital importancia que los empleados del área de mantenimiento adquieran estos conocimientos para ponerlos en práctica.

4.2.1. Orden antes de realizar una tarea de mantenimiento

Se debe tener siempre orden al momento de realizar una tarea de mantenimiento, por lo que es necesario tener ciertos requisitos para realizarla.

Los requisitos para realizar la tarea de mantenimiento son los siguientes:

- Equipo de protección personal (EPP)
- Listado de herramientas y equipo
- Repuestos e insumos de mantenimiento
- Instructivo de trabajo de la máquina o equipo que cuenten con ello
- Definir el análisis de riesgos de trabajo

4.2.2. Uso correcto de herramientas

En ocasiones se suele caer en la mala costumbre de utilizar herramientas en tareas para las que no fueron diseñadas, acciones que pueden resultar muy peligrosas tanto para el personal que ejecuta la tarea como para los equipos que se están trabajando. Este tema fue recalcado a los técnicos de mantenimiento para que tomen conciencia de las consecuencias de estos errores.

4.2.3. Cuidado de los procedimientos en áreas críticas

Los procedimientos de mantenimiento normalmente suelen ser realizados con herramientas e insumos no higiénicos, por lo que en áreas críticas o especiales como las que se reservan para actividades alimenticias se debe tener un cuidado especial; taller como: usar herramienta previamente limpia y sanitizada presentes en el área especial, usar uniforme acorde al área, realizar las buenas prácticas de manufactura, usar el equipo de protección personal adecuado, entre otros.

4.2.4. Qué hacer después de realizar una tarea de mantenimiento

Es necesario tomar ciertas acciones para cumplir con los procedimientos establecidos, estas deben ser:

- Reportar al encargado del área que se han concluido los trabajos de mantenimiento
- Contabilizar la herramienta usada, así también los insumos usados
- Limpiar tanto las herramientas como los equipos trabajados
- Limpiar el área en la que se ha trabajado
- Usar si es necesario sanitizantes para desinfectar las herramientas de áreas críticas

4.2.5. Lubricantes permitidos en máquinas de Comeragua S. A. / Gordian®

Debido a que existen áreas especialmente reservadas para procesos alimenticios es importante mantener una alta limpieza e higiene, así también las máquinas y equipos usados para dichos procesos deben ser los adecuados para estar en contacto con los alimentos. Los lubricante usados para las máquinas deben ser, por lo tanto de grado alimenticio y que soporten las condiciones de cada máquina, en Gordian® se establecieron distintos tipos de lubricantes, aptos en los que se incluyen grasas, como también aceites.

4.3. Capacitación al personal de mantenimiento sobre programa 5S

Esta capacitación fue reemplazada por sugerencia del jefe de mantenimiento en apoyo a otra presentación de mayor interés para la empresa, por lo que a continuación se incluye solamente la información que se pretendía impartir.

4.3.1. En qué consiste el plan 5S

Es una práctica de calidad ideada en Japón referida al mantenimiento integral de la empresa, no solo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

4.3.2. Etapas del plan 5S

- Primera S: clasificación y descarte: cualquier cosa que se encuentre en el área y no tenga algún uso real inmediato o posterior debe ser desechado.
- Segunda S: organización: se debe organizar el área de trabajo según el tipo de objetos y el uso que se le da.
- Tercera S: limpieza: es importante para mantener un área de trabajo agradable e higiénico.
- Cuarta S: estandarización: hay que establecer normas y señalizaciones para seguir con el plan 5S.
- Quinta S: hábito: es indispensable formar un hábito del plan para que este funcione, si no se siguen aplicando los pasos se puede perder el plan y hay que empezar de nuevo.

4.3.3. Beneficios

El implementar el plan de 5S en un área brinda varios beneficios los cuales pueden ser:

- Más espacio
- Orgullo del lugar en el que se trabaja
- Mejor imagen ante los clientes
- Mayor cooperación y trabajo en equipo
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas
- Mayor conocimiento del puesto
- Menos productos defectuosos
- Menos averías
- Menor nivel de existencias o inventarios
- Menos accidentes
- Menos movimientos y traslados inútiles
- Menor tiempo para el cambio de herramientas

CONCLUSIONES

1. Hay distintos equipos disponibles para el embotellado de bebidas, en este proyecto se han propuesto los más adecuados para el proceso de embotellado de agua de coco.
2. En las tres fases principales de la línea de embotellado de agua de coco se encuentran distintos equipos, los que deben mantener la menor distancia posible entre sí y en el orden adecuado; en algunos casos será necesario colocar accesorios de transición como rampas para facilitar el proceso.
3. Las máquinas con mayor criticidad son sin lugar a dudas las que se encuentran en contacto continuo con el agua de coco, ya que de acuerdo al método de criticidad establecido en este documento, los factores principales son la inocuidad, calidad y seguridad de los empleados.
4. El plan de mantenimiento generado de tipo preventivo y correctivo es adecuado al tipo de máquinas y equipos incluidos en este documento, puesto que un mantenimiento más complejo aumentaría los costos innecesariamente, así también, posteriormente será necesario contar con un *stock* de repuestos acorde a la criticidad establecida en el plan.

RECOMENDACIONES

A Comeragua S. A. / Gordian®

1. Hacer una recopilación de los manuales de las máquinas y equipos para hacer que el plan de mantenimiento sea más eficiente y tener el listado de los repuestos que pueden necesitarse en un futuro.
2. Utilizar filtros tipo cartucho de buena calidad y de marca reconocida, por ejemplo, de la marca 3M, esto con el fin de obtener una mejor filtración y un tiempo mayor para reemplazo del filtro.
3. Establecer la posición específica de la estructura de la cortadora de cocos, ya que esta debe estar fijada firmemente al suelo y evitar así nuevas cimentaciones en caso de modificaciones de la línea.
4. Utilizar dispositivos de automatización como sensores y controladores programables (PLC), con esto se evitan riesgos de funcionamiento de máquinas sin producto y pérdida de calidad.

Al jefe de mantenimiento

5. Agregar nuevos formatos o modificar los del plan de mantenimiento en caso fuera necesario, ya que los presentados son los mínimos con los que debería contar un plan correctivo y preventivo.

6. Añadir nuevas tareas en las rutinas de mantenimiento en cuanto se tengan los manuales de fabricante de los equipos, y así brindar el mantenimiento preventivo y correctivo específico de cada una de ellos.
7. Establecer normas para la correcta utilización de los formatos del plan de mantenimiento para evitar confusiones y problemas en caso de inconvenientes con los técnicos.

Al lector en general

8. No debe tomarse este documento como una guía específica para el embotellado de agua de coco, puesto que hay otros proveedores de este producto que utilizan sus propios métodos y procesos que podrían ser muy distintos y tratar de alcanzar otros estándares.
9. Es importante tomar en cuenta que el plan de mantenimiento propuesto en este documento debe ser refinado y completado en cuanto se tengan todos los equipos, creando instructivos específicos de cada uno, tomando la información de sus respectivos manuales. En estos instructivos se incluirá información como la de los lubricantes a utilizar y el lugar específico para aplicarlos, herramientas necesarias, insumos, posibles repuestos y alguna otra información importante para el mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. DÍAZ NAVARRO, Juan. *Técnicas de mantenimiento industrial*. 2a ed. Cádiz, España: 2010. 318 p. ISBN: 9788461377473.
2. MUÑOZ ABELLA, Belén. *Mantenimiento industrial*, [en línea]. <<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/tecnologia-de-maquinas/material-de-clase-1/MANTENIMIENTO.pdf>>. [Consulta: octubre de 2015].
3. PYTEL, Andrew; y SINGER, Ferdinand. *Resistencia de materiales*. Traducción de la 4a ed. México: Alfaomega, 2008. 584 p. ISBN: 9789701510568 y 9701510569.
4. ROLLE, Rosa. *Buenas prácticas para la producción en pequeña escala de agua de coco embotellada* [en línea]. <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1418s/a1418s.pdf>>. [Consulta: septiembre de 2015].
5. SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS C.A. *Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistemas de bombeo* [en línea]. <<http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>>. [Consulta: octubre de 2015].
6. TORRES RIVERA, César Alberto. *Diseño de un sistema de limpieza en el sitio de tipo sanitario (CIP) para una línea de llenado en un salón de embotellado en la industria de cerveza*. Trabajo de

graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 174 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Costo aproximado de algunos equipos

Estructura de recepción de cocos	Q 10 000,00
Transportador de rodillos	Q 70 000,00
Cepilladora de coco	Q 60 000,00
Tina de sanitizado	Q 5 000,00
Elevador modular	Q 75 000,00
Tanque de acero inox. 100 l	Q 7 500,00
Tanque de acero inox. 300 l	Q 9 500,00
Bomba centrífuga grado alimenticio	Q 8 000,00
Filtros de cartucho c/u	Q 1 800,00
Portafiltros	Q 5 000,00
Mesa giratoria	Q 75 000,00
Enjuagador de botellas	Q 50 000,00
Elevador de tapas	Q 20 000,00
Codificador automático de tinta	Q 30 000,00
Mesa de acumulación de paquetes	Q 5 000,00
Intercambiador de placas	Q 83 000,00
Chiller de 10 TON	Q 46 000,00
Estructura para cortadora de coco	Q 40 000,00
Accesorios (válvulas, tuberías, etc.)	Q 30 000,00

Datos del agua de coco

pH = 5 – 5,4 (ligeramente ácido)

Grados brix (20 °C) = 5 – 6,5

Conteo total de bacterias aeróbicas / ml = menos de 5 000

Coliformes / ml = menos de 5 000

Coliformes fecales / ml = ausentes

Densidad (20 °C) = 1,012 ± 0,01 g/ml

- Información nutrimental

Continuación del apéndice 1.

Tamaño de la porción = 200 ml

Contenido energético = 180 kJ (43 kcal)

Proteínas = 0,7 g

- Grasas (lípidos) = 0,9 g. de las cuales:

Grasa saturada = 0,8 g

Grasa poliinsaturada = 0,03 g

Grasa monoinsaturada = 0,07 g

Ácidos grasos trans = 0 g

Colesterol = 0 mg

- Carbohidratos (hidratos de carbono) = 8 g. de los cuales:

Azúcares = 6 g

Fibra dietética = 0g

Sodio = 40 mg

Datos del coco

Diámetro promedio = 20 – 30 cm

Peso promedio = 2,5 kg

Contenido de agua = 200 – 1 000 ml

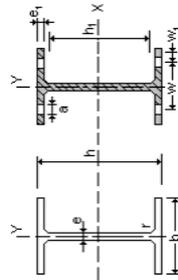
Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Perfiles HEB

Perfil	Dimensiones											Términos de la sección										Agujeros		Peso p kg/m
	h mm	b mm	e mm	e ₁ mm	r mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _z cm ⁴	I _z cm ⁴	I _z cm ⁴	l _z mm	w ₁ mm	w ₂ mm	a mm	
HEB 100	100	100	6.0	10	12	56	567	26.0	52.1	450	90	4.16	167	33	2.53	9.34	3375	55	-	13	20.4			
HEB 120	120	120	6.5	11	12	74	686	34.0	82.6	864	144	5.04	318	53	3.06	14.9	9410	65	-	17	26.7			
HEB 140	140	140	7.0	12	12	92	805	43.0	123	1509	216	5.93	550	79	3.58	22.5	22480	75	-	21	33.7			
HEB 160	160	160	8.0	13	15	104	918	54.3	177	2462	311	6.78	889	111	4.05	33.2	47940	85	-	23	42.6			
HEB 180	180	180	8.5	14	15	122	1040	65.3	241	3831	426	7.66	1363	151	4.57	46.5	93750	100	-	25	51.2			
HEB 200	200	200	9.0	15	18	134	1150	78.1	321	5696	570	8.54	2003	200	5.07	63.4	171100	110	-	25	61.3			
HEB 220	220	220	9.5	16	18	152	1270	91.0	414	8091	736	9.43	2843	268	5.99	84.4	295400	120	-	25	71.5			
HEB 240	240	240	10.0	17	21	164	1380	105.0	527	11259	938	10.3	3823	327	6.08	110	486900	90	35	25	83.2			
HEB 260	260	260	10.0	17.5	24	177	1500	118.4	641	14919	1150	11.2	5135	395	6.58	130	753700	100	40	25	93			
HEB 280	280	280	10.5	18	24	196	1620	131.4	767	19270	1380	12.1	6595	471	7.09	153	1130000	110	45	25	103			
HEB 300	300	300	11.0	19	27	208	1730	149.1	934	25166	1680	13.0	8653	571	7.58	192	1688000	120	50	25	117			
HEB 320	320	320	11.5	20.5	27	225	1770	161.3	1070	30623	1930	13.8	9239	616	7.57	241	2069000	120	50	25	127			
HEB 340	340	340	12.0	21.5	27	243	1810	170.9	1200	36656	2160	14.6	9690	646	7.53	278	2454000	120	50	25	134			
HEB 360	360	360	12.5	22.5	27	261	1850	180.6	1340	43193	2400	15.5	10140	676	7.49	320	2883000	120	50	25	142			
HEB 400	400	400	13.5	24	27	298	1930	197.8	1620	57680	2880	17.1	10819	721	7.4	394	3817000	120	50	25	155			
HEB 450	450	450	14.0	26	27	344	2030	218	1990	79887	3550	19.1	11721	781	7.33	500	5258000	120	50	25	171			
HEB 500	500	500	14.5	28	27	390	2120	238.6	2410	107176	4290	21.2	12624	842	7.27	625	7018000	120	45	28	187			
HEB 550	550	550	15.0	29	27	438	2220	254.1	2800	136691	4970	23.2	13077	872	7.17	701	8656000	120	45	28	199			
HEB 600	600	600	15.5	30	27	486	2320	270.0	3210	171041	5700	25.2	13530	902	7.08	783	10965000	120	45	28	212			

Perfiles HEB



A = Área de la de la sección.
 S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.
 $W_x = 2I_x / h$; h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.
 $I_y = (I_x / A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a X.
 $I_z =$ Momento de inercia de la sección, respecto a Y.
 $W_y = 2I_y / a$; a. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
 $I_z = (I_y / A)^{1/2}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y.
 I_t = Módulo de torsión de la sección.
 I_p = Módulo de alabeo de la sección.
 u = Perímetro de la sección.
 a = Diámetro del agujero del roblon normal.
 w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.
 h_1 = Altura de la parte plana del alma.
 p = Peso por metro.

Fuente: http://www.ugr.es/~grus/docencia/aei/download/tabla_perfiles.pdf. Consultado: octubre de 2015.

Anexo 2. Valores para coeficiente C de Hazen Williams

Material	C mín	C máx	Referencia
Asbesto-cemento	140	140	-
Hierro fundido nueva	130	130	1
Hierro fundido 10 años	107	113	1
Hierro fundido 20 años	89	100	1
Hierro fundido 30 años	75	90	1
Hierro fundido 40 años	64	83	1
Concreto	100	140	1
Cobre	130	140	1
Acero	90	110	-
Hierro galvanizado	120	120	1
Polietileno	140	140	1
Policloruro de vinilo (PVC)	150	150	1
Plástico fibroreforzado (FRP)	150	150	1

Fuente: Fórmula de Hazen – Williams. https://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_de_Hazen-Williams. Consulta: octubre de 2015.

[1] Los valores típicos de C usados en diseño pueden variar, ya que por la edad las tuberías tienden a ser más rugosas, por lo tanto su coeficiente disminuye.