



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

**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**

**César Alberto Torres Rivera**

Asesorado por el Ing. Ramiro Rodas Hernández

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CÉSAR ALBERTO TORRES RIVERA**

ASESORADO POR EL ING. RAMIRO RODAS HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE 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**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2010.



César Alberto Torres Rivera

Guatemala, 27 de septiembre de 2,011

Ingeniero

César Ernesto Urquizú Rodas

Director de Escuela

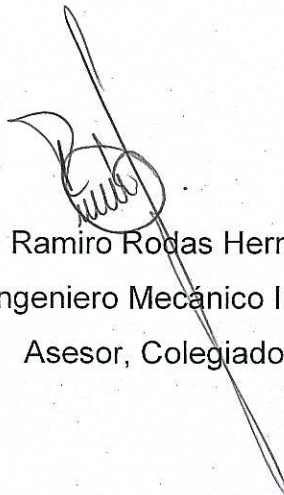
Ingeniería Mecánica Industrial

Ingeniero Urquizú:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he procedido a la revisión del trabajo de graduación titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA EN EL SITIO DE TIPO SANITARIO (CIP) PARA UNA LINEA DE LLENADO EN UN SALON DE EMBOTELLADO EN LA INDUSTRIA DE CERVEZA”**. Presentado por el estudiante universitario **César Alberto Torres Rivera**, y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que el mismo ya cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que el trabajo de graduación se ha elaborado conforme lo planificado, en tal virtud me permito recomendar su aprobación, y darse los trámites correspondientes.

Atentamente:



Ramiro Rodas Hernández  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Asesor, Colegiado 3307

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.016.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA EN EL SITIO DE TIPO SANITARIO (CIP) PARA UNA LÍNEA DE LLENADO EN UNA SALÓN DE EMBOTELLADO EN LA INDUSTRIA DE CERVEZA**, presentado por el estudiante universitario **César Alberto Torres Rivera**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

1 ^  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

*Ing. Edwin Echeverría*  
COLEGIADO 4133

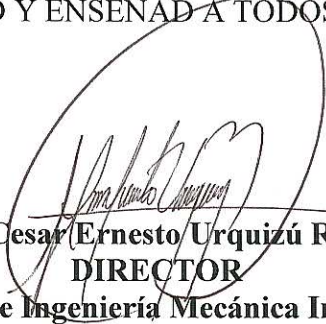
Guatemala, febrero de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **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**, presentado por el estudiante universitario **César Alberto Torres Rivera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2012.

/mgp





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 Industrial, al trabajo de graduación titulado: **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**, presentado por el estudiante universitario: **César Alberto Torres Rivera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, marzo de 2012

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por llenar mi vida de bendiciones.

**Mis padres César y Sandra**

Por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación.

**Mi esposa Vanessa**

Por el apoyo, comprensión y amor que me das para lograr lo que me propongo. Gracias por escucharme y por tus consejos (eso es algo que haces muy bien). Gracias por ser parte de mi vida; eres lo mejor que me ha pasado.

**Mi hijo César Andrés**

Por ser mi inspiración, mi fuerza para seguir adelante y luchar por mis metas. Es lo mejor que me ha regalado Dios.

**Mi familia**

Con quienes he compartido muchos momentos trascendentales de mi vida.

**Mi abuela mamá Clara Luz**

Quien con sus consejos me forjó en mi niñez. Y su ejemplo de lucha me ha motivado a salir de los momentos difíciles. Por estar a mi lado en todo el camino de mi formación.

**Mis hermanos Gabriela, Lucia y Diego**

Por su apoyo y cariño que siempre me han acompañado. Sé que cuento con ellos siempre.

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudios en donde pasé los mejores años de mi vida, la cual llevo con orgullo y represento dignamente.

**Mis amigos**

Apoyo que Dios ha puesto en mi vida. Por su confianza y lealtad.

**Mi país**

Porque espera lo mejor de mí.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. La Empresa.....	1
1.1.1. Historia.....	2
1.1.2. Ubicación geográfica.....	3
1.1.3. Misión.....	4
1.1.4. Visión.....	4
1.2. Sistemas de gestión implementados.....	4
1.2.1. Sistema de gestión de calidad.....	5
1.2.2. Sistema de gestión de medio ambiente.....	5
1.2.3. Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.....	6
1.2.4. Política de sistema de gestión.....	7
1.3. Características generales de la cerveza.....	7
1.3.1. Descripción del proceso de su elaboración.....	8
1.3.2. Diferentes tipos de cerveza.....	9
1.3.2.1. Cerveza Lager.....	9
1.3.2.2. Cerveza Pilsner.....	9
1.3.2.3. Cerveza Ale.....	10
1.4. Parámetros de calidad en la cerveza.....	10
1.4.1. Unidades de amargura BU.....	11

1.4.2.	Grado de alcohol.....	11
1.4.3.	Unidades de pasteurización PU.....	11
1.4.4.	Cantidad de oxígeno.....	12
1.4.5.	Cantidad de aire.....	13
1.4.6.	Color de la cerveza.....	14
1.5.	Limpieza en el sitio CIP.....	15
1.5.1.	Definición de CIP.....	16
1.5.2.	Historia del CIP.....	17
1.5.3.	Factores que afectan los resultados del CIP.....	18
1.5.4.	Tipos de unidades de CIP.....	20
1.5.4.1.	CIP de un solo uso.....	20
1.5.4.2.	CIP de un solo uso – recuperación.....	22
1.5.4.3.	CIP de reuso.....	23
1.5.5.	Componentes de una unidad de CIP.....	25
1.5.5.1.	Equipo para suministro de químicos.....	26
1.5.5.2.	Sistema de control.....	26
1.5.5.3.	Programador.....	27
1.5.5.4.	Accesorios para rociar tanques.....	28
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	29
2.1.	Análisis del proceso de llenado de barriles.....	29
2.1.1.	Estructura organizacional de salones de embotellado.....	30
2.1.2.	Diagrama de operaciones.....	31
2.1.3.	Diagrama de flujo.....	32
2.1.4.	Diagrama de recorrido.....	34
2.2.	Máquinas y equipos en la línea de llenado de barriles.....	35
2.2.1.	Transporte.....	35
2.2.2.	Lavadora.....	35
2.2.3.	Llenadora.....	36

2.2.4.	Inspector de nivel.....	37
2.2.5.	Tanque <i>buffer</i> .....	38
2.2.6.	CIP actual.....	39
2.3.	Servicios.....	40
2.3.1.	Cerveza.....	40
2.3.2.	CO <sub>2</sub> .....	41
2.3.3.	Vapor.....	42
2.3.4.	Aire.....	43
2.3.5.	Agua cruda.....	44
2.3.6.	Agua suave.....	44
2.3.7.	Energía eléctrica.....	45
2.4.	Capacidad del proceso.....	46
2.4.1.	Ritmo de producción.....	46
2.4.2.	Eficiencias.....	48
2.5.	Evaluación del equipo de la línea de llenado.....	49
2.5.1.	Riesgos físicos.....	50
2.5.2.	Riesgos químicos.....	50
2.5.3.	Riesgos biológicos.....	51
2.5.4.	Matriz de riesgos y equipo.....	52
3.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA CIP.....	55
3.1.	Validación de rociadores para CIP en tanques.....	55
3.2.	Diseño de etapa de pre-enjuague.....	57
3.2.1.	Tanque de pre-enjuague.....	58
3.2.2.	Sistema de calentamiento.....	65
3.2.3.	Elementos de control.....	68
3.3.	Diseño de etapa de limpieza con soda cáustica.....	71
3.3.1.	Tanque de almacenamiento de soda cáustica.....	71
3.3.2.	Sistema de calentamiento.....	78



3.3.3.	Bomba para dosificación de soda cáustica.....	79
3.3.4.	Elementos de control.....	81
3.4.	Diseño de etapa de enjuague intermedio.....	82
3.4.1.	Tanque de almacenamiento de agua.....	82
3.4.2.	Elementos de control.....	83
3.5.	Diseño de etapa de limpieza con ácido.....	83
3.5.1.	Tanque de almacenamiento ácido.....	84
3.5.2.	Sistema de calentamiento.....	85
3.5.3.	Bomba para dosificación de ácido.....	85
3.5.4.	Elementos de control.....	86
3.6.	Diseño de etapa de enjuague final.....	86
3.6.1.	Tanque de almacenamiento de agua.....	87
3.6.2.	Elementos de control.....	88
3.7.	Bomba de mando de CIP.....	88
3.8.	Bomba de retorno de CIP.....	93
3.9.	Diseño de tuberías.....	94
3.10.	Selección de PLC.....	95
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL LA PROPUESTA.....	97
4.1.	Costos de construcción e instalación.....	97
4.2.	Análisis económico.....	99
4.3.	Movimiento de maquinaria.....	100
4.4.	Elaboración de planos del sistema CIP.....	102
4.5.	Publicación de hojas de seguridad de químicos utilizados en CIP.....	102
4.6.	Instalación de duchas y lavadores de ojos.....	104
4.7.	Manual de procedimientos del proceso CIP.....	105
4.8.	Capacitación a operadores y asistentes de producción.....	106
4.9.	Elaboración de plan de calidad para línea de barriles.....	108

4.10.	Elaboración de tareas de mantenimiento preventivo para CIP.....	110
5.	MEJORA CONTINUA.....	113
5.1.	Elaboración de plan de sugerencias.....	113
5.2.	Auditorías de buenas prácticas de manufactura.....	117
5.3.	Auditorías de control visual.....	120
5.4.	Establecimiento de indicadores.....	123
5.5.	Reuniones de grupos operativos.....	126
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES.....	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	133
	ANEXOS.....	135



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa en estudio.....	5
2.	Gráfica de pasteurización.....	12
3.	Gráfica de llenado de cerveza.....	14
4.	Unidades Lovibond para medir la tonalidad de cerveza.....	15
5.	Componentes de sistema CIP.....	16
6.	Cabezas rotativas ( <i>spray balls</i> ) para limpieza de tanques.....	28
7.	Estructura organizacional de salones embotellado.....	30
8.	Diagrama de operaciones línea llenado barriles.....	31
9.	Diagrama de flujo línea de llenado barriles.....	32
10.	Diagrama de recorrido línea de llenado barriles.....	34
11.	Intercambiador de calor.....	42
12.	Compresor de pistón.....	43
13.	Rociadores de bola.....	56
14.	Tanque pre-enjuague.....	60
15.	Base del tanque de pre-enjuague.....	61
16.	Calentador tubular AISI 316 MF135.....	68
17.	Tanque almacenamiento de soda.....	73
18.	Base del tanque de almacenamiento de soda.....	74
19.	Bomba dosificadora de soda, marca WALCHEM.....	80
20.	Curva de trabajo bomba centrífuga.....	92
21.	Gráfica de costos de construcción e instalación.....	100
22.	Cronograma de implementación circuito limpieza CIP.....	101
23.	Ducha y lavadores de ojos.....	105

## TABLAS

I. Tiempo estándar en llenado de barril.....	47
II. Matriz de riesgos y equipo.....	52
III. Flujo de tuberías.....	57
IV. Capacidad de una bomba dosificadora.....	79
V. Dimensiones bomba dosificadora de soda.....	80
VI. Pérdidas menores en tuberías (accesorios).....	91
VII. Caída de presión a tanque almacenamiento cerveza.....	92
VIII. Caída de presión retorno de tanque almacenamiento cerveza.....	93
IX. Datos técnicos acero inoxidable AISI 304 Fe/Cr18/Ni10.....	94
X. Características PLC Micrologix 1500.....	96
XI. Costos de construcción e instalación.....	97
XII. Costos totales de instalación y construcción.....	98
XIII. Plan de aseguramiento de calidad de línea de barriles.....	109



## GLOSARIO

<b>Agua suave</b>	Agua con pocas sales minerales, se obtiene el agua suave o blanda mediante un tratamiento especial.
<b>Auditoría</b>	Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencia de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría.
<b>BPM</b>	Buenas prácticas de manufactura, son normas para poder resguardar el producto. Su objetivo es minimizar las causas de contaminación más comunes.
<b>Calidad</b>	Grado en el que un conjunto de características del producto cumple con los requisitos establecidos.
<b>CIP</b>	Limpieza en el sitio ( <i>Clean in Place</i> ), sistema de limpieza automático que sirve para limpiar y desinfectar superficies.
<b>Control de la calidad</b>	Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.
<b>Control visual</b>	Herramienta utilizada con el propósito de ordenar y estandarizar las áreas de producción.

<b>EGE</b>	Efectividad global del equipo, es una herramienta utilizada por el programa TPM para el control de disponibilidad de equipo.
<b>Especificaciones</b>	Es una clara, completa y actual lista de requisitos técnicos descriptivos de un material, artículo o servicio.
<b>Inspección</b>	Evaluación de la conformidad por medio de la observación, medición, ensayo, prueba o comparación con patrones.
<b>Mejora continua</b>	Actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos.
<b>Microsiemens</b>	Medida del sistema internacional para la conductancia eléctrica.
<b>Objetivo de la calidad</b>	Alcance que se desea obtener respecto a exactitud con las especificaciones del producto.
<b>Plan de la calidad</b>	Documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarlos a un proyecto, proceso, producto o contrato específico.

<b>Planificación</b>	Parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de ésta y a la especificación de los procesos operativos necesarios, y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad.
<b>Procedimiento</b>	Manera específica de efectuar una actividad.
<b>PLC</b>	Computador industrial para automatización de procesos.
<b>Registro</b>	Documento que presenta resultados obtenidos y evidencia de actividades desempeñadas.
<b>Rociador</b>	Dispositivo que tiene la capacidad de esparcir la solución de limpieza en un tanque de almacenamiento.
<b>Sistema de gestión</b>	Sistema para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos.
<b>Sistema de gestión de calidad</b>	Sistema de gestión para dirigir y controlar una organización con respeto a la calidad.
<b>Tanque buffer</b>	Tanque de almacenamiento de producto, se utiliza previo a la llenadora de barriles para poder regular la presión de entrada de cerveza.

**TIG**

La soldadura TIG (*tungsten inert gas*) se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, se obtienen cordones de soldadura más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión.

## RESUMEN

Es indispensable tener un conocimiento general de la materia antes de emprender un proyecto. Para poder comprender de mejor forma el alcance y todos los requerimientos que involucra el diseño de un sistema nuevo, en el primer capítulo se revisó la historia de la empresa, los sistemas de gestión implementados, así como propiedades generales de la cerveza y de un sistema CIP.

Se evaluaron las operaciones, equipo, tuberías de servicios y la capacidad del proceso de la línea de llenado de barriles, para poder realizar un sistema de limpieza que se adecue a las necesidades de la línea.

Se realizó toda la ingeniería del proceso, se validaron los accesorios de limpieza, se elaboró el diseño de las etapas de limpieza, se seleccionaron las bombas de mando y retorno de CIP, se realizó el diseño de tuberías de servicio y distribución de cerveza y se seleccionó el PLC que controlará la operación.

Para la implementación del sistema CIP se evaluaron los costos de construcción e instalación, se realizó un análisis económico comparando precios en el mercado, se realizó un plan de calidad para la línea de llenado, el cual se incluirá dentro del sistema de gestión, se programaron las tareas de mantenimiento preventivo y capacitaciones para los operadores de la línea de producción.

Una exigencia de los sistemas de gestión implementados es la demostración de una mejora continua en los procesos, por lo cual se realizó un



programa de sugerencias por parte del personal operativo, se realizó un programa de auditorias internas de BPM y de control visual.

Se revisarán los indicadores de la línea de llenado de barriles, se creará una agenda para las reuniones de grupos operativos semanales para poder transmitir todos los conocimientos necesarios al personal.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar un sistema de limpieza en el sitio de tipo sanitario (CIP) para una línea de llenado de cerveza.

## Específicos

1. Comprender el funcionamiento de un sistema de limpieza CIP para poder diseñar un sistema adecuado para una línea de llenado de cerveza.
2. Conocer los parámetros de calidad de la cerveza para saber qué sistema correcto de CIP se puede implementar en una línea de llenado.
3. Diseñar la red de distribución de servicios y cerveza para poder elaborar un sistema correcto de CIP.
4. Realizar un instructivo del sistema para facilitar la operación del equipo de CIP para el personal involucrado en la limpieza y sanitización del equipo.
5. Estructurar un sistema de mantenimiento preventivo para el equipo de limpieza CIP.
6. Elaborar un análisis de la inversión que será necesaria para implementar un sistema de CIP en una de las líneas de embotellado.

7. Realizar un plan de capacitación para el personal en los aspectos básicos de la limpieza CIP.

## INTRODUCCIÓN

La cerveza es una bebida elaborada a base de cebada malteada, maíz, lúpulo, levadura y azúcar. La primera cervecería en Guatemala fue fundada en 1886. La cual desde su inicio se caracterizó por una constante dedicación y esfuerzo por mejorar la calidad de su refrescante bebida.

Los procesos principales en la elaboración de cerveza son: cocimiento, fermentación, reposo, filtración y embotellado.

Para poder ofrecer un producto competitivo en el mercado de cerveza es de suma importancia la calidad, por lo cual es necesario tener procesos con estrictos controles, tales como la microbiología, por lo cual la limpieza y sanitización del equipo toma un lugar muy importante en el proceso.

El presente trabajo de graduación tratará sobre el diseño de un sistema de limpieza en el sitio, también conocido como CIP (*Clean in Place*) por sus siglas en inglés, con el propósito de ser utilizado para la limpieza y sanitización de equipos de embotellado en la industria cervecera.

El diseño se realizará para una línea de llenado de barriles de cerveza, sin embargo, los conceptos básicos de la limpieza CIP son generales y pueden ser aplicados en las líneas de llenado de lata, botella y refrescos.

La producción y envasado de cerveza es una rama de la industria de alimentos por lo que la limpieza y la esterilización del equipo que tiene contacto

directo con el producto son de suma importancia y está sujeto a altos controles para poder mantener los índices de calidad.

Para el diseño de este sistema de limpieza se tendrá en consideración todas las normas de calidad y necesidades de la empresa, por lo que los materiales, equipos y accesorios que se utilicen deben de cumplir con normas de aseguramiento de calidad.

El sistema CIP (*Clean In Place*) permite la limpieza interna del equipo (tuberías, tanques de almacenamiento, instrumentos, válvulas, etc.) y de lugares con un restringido acceso para el operador, por lo que su uso se torna indispensable en industrias que procesan alimentos.

Con la utilización de estos sistemas se obtienen grandes beneficios en el ahorro de agua, ya que el sistema recicla las soluciones utilizadas, lo cual ayuda a conservar el medio ambiente, ya que las descargas de agua y químicos de limpieza al drenaje se reducen.

También con el sistema CIP se dará un mayor grado de seguridad del operador ya que evita que el trabajador tenga un contacto directo con agua y soluciones químicas a altas temperaturas las cuales podrían causar quemaduras e intoxicaciones por la inhalación de gases tóxicos.

Es de vital importancia que se lleve un mantenimiento proactivo en el equipo de CIP para alargar la vida útil del mismo y asegurar su buen funcionamiento.

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. La empresa

La empresa donde se diseñará el sistema de limpieza en sitio de tipo sanitario CIP (*Clean In Place*), se dedica a la producción, comercialización y distribución de cerveza.

El mayor porcentaje de mercado de la empresa es el nacional, en los últimos años se está expandiendo aceleradamente hacia el mercado internacional, teniendo presencia de sus productos en Centro America.

Esta empresa produce diferentes tipos de cerveza, como lo son la cerveza Lager, la cerveza Pilsner y la cerveza Ale, sus fórmulas incluyen diferentes tipos de materia prima como los son malta, lúpulo, *gritz* y cereales. (Ver inciso 1.3.2 para mayor información).

Se comercializa la cerveza en diferentes presentaciones, en envase de lata de 350 y 472 mililitros, en envase de vidrio de 251, 350 y 1 000 mililitros y también barriles de acero inoxidable de 30 y 50 litros de capacidad.

La producción de cerveza cuenta con diferentes procesos, como el almacenamiento de materia prima, cocimiento de malta, fermentación, filtración, y embotellado.

La empresa sostiene su trabajo en un proceso integrado verticalmente, es decir que cuenta con instalaciones para realizar cada uno de sus procesos. Se

cuenta adicionalmente con una sala de máquinas, un cuarto de calderas, un cuarto de tratamiento de agua, un área determinada para investigación y desarrollo de productos.

Se cuenta con almacenes de materia prima y de bodega de producto terminado, una planta de filtración de agua residual.

Dentro de las instalaciones hay un programa de control visual para identificación de servicios en todas y cada una de las áreas de trabajo, para proteger la integridad física de sus trabajadores, cuenta con una clínica médica y un consultorio dental, una tienda para los empleados, áreas de cafetería y comedor, salones de capacitación donde se preparan los operadores y personal de mantenimiento que labora en la empresa.

Si bien es cierto, que lo más importante en una empresa es el capital humano, la tecnología y proveedores calificados son de igual importancia para hacer frente a la demanda de calidad por parte de los clientes.

La retroalimentación de información con sus clientes es un proceso muy importante y cotidiano, por lo que constantemente se están desarrollando procesos que permitan a la empresa tener la capacidad de captar información por vía Internet y con un centro de servicio al cliente.

### **1.1.1. Historia**

Esta empresa fue fundada en 1979, empezando a producir cerveza seis años después. En 1985 llega el primer maestro cervecero procedente de Alemania, esta persona aporta todos sus conocimientos para obtener una

buena calidad en la cerveza, logrando que este producto fuera aceptado en el mercado nacional.

Durante 1989 se instalan los primeros tanques de cocimiento, estos garantizan una total limpieza en el proceso de elaboración, y un gran avance en la reducción del tiempo de maduración y fermentación de la cerveza.

En 1995 se inicia la instalación de nuevas máquinas para la planta de embotellado, siempre con la idea de producir y mejorar la calidad de la cerveza.

En 1997 se contrata una firma de laboratorios para realizar análisis de calidad en la cerveza, así como las materias primas empleadas en su fabricación.

Durante 2004 sigue la expansión del producto en el mercado nacional e internacional.

Se implementan los sistemas de gestión de calidad y se mejora la maquinaria de embotellado, teniendo tecnología de punta, por lo cual en 2008 se presenta la segunda casa de cocimientos.

### **1.1.2. Ubicación geográfica**

La empresa queda ubicada en la 3 avenida entre 13 y 14 calle zona 2, en la ciudad capital.

En la figura 1 se puede observar la ubicación exacta de la empresa.



Figura 1. **Ubicación de empresa en estudio**



Fuente: <http://maps.google.es/>. Consultada el 3 de septiembre 2010.

### **1.1.3. Misión**

Somos una empresa innovadora, con mejora continua de nuestros procesos. Trabajamos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, brindando siempre la más alta calidad. Lograremos nuestro éxito desarrollando productos de la mano de colaboradores altamente capacitados.

### **1.1.4. Visión**

Ser una empresa líder, ofreciendo una alta calidad de cerveza en el mercado regional, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

## **1.2. Sistema de gestión implementado**

El sistema de gestión implementado es el conjunto de normas interrelacionadas de una empresa u organización, como el sistema de gestión

de la calidad (ISO 9 000), gestión de la inocuidad (ISO 22 000), seguridad y salud ocupacional (OHSAS 18 000), medio ambiente ( ISO 14 000).

### **1.2.1. Sistema de gestión de calidad**

El sistema de gestión de calidad implementado en esta empresa es el sistema ISO 9001, con este sistema se busca administrar de forma ordenada la calidad del producto, en búsqueda de la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes.

Los principales elementos implementados de este sistema en la organización son: estructura de la organización en niveles jerárquicos, estructura de responsabilidades, estandarización de procedimientos con un plan de calidad, estandarización de procesos que respondan a la sucesión completa de operaciones dirigidos a conseguir objetivos específicos y la administración de recursos económicos, humanos, técnicos, definidos de una forma estable y circunstancial.

La certificación de este sistema es anual, la empresa encargada de auditar y certificar este sistema es la firma TUV, una empresa mundial con sede en Alemania, esta es una de las firmas más influyentes en el medio.

### **1.2.2. Sistema de gestión de medio ambiente**

El sistema de gestión de ambiente implementado es el sistema ISO 14 000, al implementar este sistema se afecto todos los aspectos de gestión de la organización en cuanto a las responsabilidades con el medio ambiente.

Este sistema vino a ayudar a la empresa a tratar sistemáticamente los asuntos ambientales, siempre con el fin de mejorar el comportamiento ambiental y las oportunidades de beneficio económico que de él surgieran.

Cabe mencionar que estos estándares son voluntarios, no tienen una obligación legal y no establecen un conjunto de metas en cuanto a niveles de emisiones o métodos específicos de medir estas emisiones.

Este sistema ha dado muy buenos beneficios al ambiente y a la empresa, entre los cuales podemos mencionar: el desarrollo en los procesos de los proveedores, ya que ellos están obligados a producir de forma limpia las materias primas que proveen a la empresa, las bases tecnológicas que se implementaron para cuidar la salud, y la protección hacia el medio ambiente así como la aceptación de el producto en mercados internacionales.

### **1.2.3. Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional**

El sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional implementado son las normas OHSAS 18 000. Estas normas son una serie de estándares, implementados de forma voluntaria, relacionados con la gestión de la seguridad y salud ocupacional.

Estas normas buscan a través de una gestión sistemática y estructural asegurar el mejoramiento de las condiciones de salud y seguridad de los trabajadores en el puesto de trabajo.

OHSAS 18 000 es un sistema que entrega requisitos para implementar un sistema de gestión de salud y seguridad ocupacional, el cual cambio dirección

de la política y los objetivos de la empresa, considerando requisitos legales y de información, que son aplicables hacia el bienestar de los trabajadores.

Estas normas se aplicaron a los riesgos de salud y seguridad ocupacional y a todos aquellos riesgos que fueron relacionados a la gestión de la empresa, por medio de controles gestionables.

#### **1.2.4. Política del sistema de gestión**

“Somos productores y distribuidores de cerveza, comprometidos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes, asegurando la calidad del producto y evitando la contaminación. Cumplimos con los requerimientos ambientales, de calidad, seguridad, higiene y salud ocupacional, en nuestros procesos, productos y trabajadores, a través de un sistema de gestión consolidado.”

### **1.3. Características generales de la cerveza**

Las características generales de la cerveza dependen de las materias primas utilizadas en su elaboración, de los procesos de cocción, fermentación, filtración y embotellado.

#### **1.3.1. Descripción del proceso de su elaboración**

El proceso de fabricación de la cerveza requiere un cuidadoso control en cada una de sus etapas.

En sala de cocimientos, se prepara la receta de cada marca y tipo de cerveza, luego el proceso se divide en molienda, maceración, filtración y

cocción. Primero se muele la malta y se mezcla con agua y otros elementos que sirven como donadores de almidón. En seguida esta mezcla se somete a calentamientos a distintas temperaturas y a determinados tiempos de reposo. Esto transforma los almidones en azúcar, gracias a las enzimas formadas en la maltería.

Después se filtra la mezcla de extracto acuoso y la cáscara de malta; al líquido filtrado se le llama mosto, este se somete a ebullición para estabilizar su microbiología. En este estado se le añade lúpulo para darle el amargo adecuado de la cerveza.

En la cocción, ocurren todas las transformaciones que fijan las características de la futura cerveza, como el color y el aroma. Estos cambios se producen por complicadas reacciones químicas, físicas y biológicas.

El mosto obtenido es un ambiente ideal para que la levadura efectúe su trabajo en la etapa de fermentación. En esta etapa se transforman los azúcares en alcohol y gas carbónico, aquí se forma el bouquet de la cerveza.

El proceso de fermentación se lleva a cabo durante períodos de dos a tres semanas, dependiendo el tipo de cerveza que se elaborará.

Al final de esta etapa se extrae la levadura y la cerveza es sometida a un reposo para afinar sus características de calidad, este reposo se realiza a una temperatura bastante baja, cerca del punto de congelación.

Al finalizar el reposo, se filtra la cerveza y se carbonata para lograr el aspecto claro y brillante.

Luego se envasa en cualquiera de sus presentaciones: lata, litro, botella o barril.

### **1.3.2. Diferentes tipos de cerveza**

Existen varios tipos de cerveza, cada una es diferente por sus materias primas y por como se procesan las mismas, cada cerveza tiene una característica especial.

Las cervezas producidas en esta empresa se podrían enmarcar en cerveza Lager, Pilsner y Ale.

#### **1.3.2.1. Cerveza Lager**

Lager es un tipo de cerveza con sabor acentuado que se sirve fría, caracterizada por ser fermentada en condiciones más lentas empleando levaduras especiales, conocidas como levaduras de fermentación baja, y que en la última parte del proceso son almacenadas en bodegas durante un período de tiempo en condiciones bajas de temperatura con el objeto de limpiar las partículas residuales y estabilizar los sabores, también son conocida como cerveza Lager.

#### **1.3.2.2. Cerveza Pilsner**

La cerveza Pilsner es la variedad de cerveza más producida en esta empresa y en el mundo entero, es una clásica cerveza rubia, tienen un toque de amargura producto de los lúpulos, posee una buena capacidad refrescante.

Es de color dorada y una graduación alcohólica generalmente cercana a los 5 grados. También cabe mencionar que es de baja fermentación por lo que su tiempo de reposo es menor.

### **1.3.2.3. Cerveza Ale**

Ale es un nombre que abarca todas las cervezas de fermentación alta, lo que las diferencia de las Lager que son de fermentación baja. Esto quiere decir que en las Ales, el proceso de fermentación ocurre en la superficie del líquido mientras que en las cervezas Lager esta ocurre cerca del fondo.

En otras palabras la levadura que cumple el proceso de fermentación flota en la superficie del líquido durante varios días antes de descender al fondo del tanque. Para este fin se utiliza principalmente una levadura, la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Las cervezas Ales fermentan rápidamente a temperaturas entre 15 y 25 grados centígrados y se sirven, por lo general a una temperatura de 12 grados centígrados, su aroma es más pronunciado y su sabor es bastante fuerte.

## **1.4. Parámetros de calidad en la cerveza**

Los principales parámetros fisicoquímicos de calidad que se deben tomar en cuenta para la elaboración de cerveza son todos aquellos que permiten controlar el aroma, color, calidad de espuma, pureza del sabor, cuerpo y calidad de la amargura de las cervezas producidas en esta empresa.

### **1.4.1. Unidades de amargura BU**

Un buen sistema para diferenciar los niveles de amargura en la cerveza es utilizar una referencia convencional denominada unidades de amargura (unidades BU) que tiene una relación directa con la cantidad de lúpulo agregada a la cerveza.

Su escala varía entre el 10 y el 100, los índices más habituales son entre 15 y 30 grados, considerándose 45 grados demasiado amargo.

### **1.4.2. Grado de alcohol**

El grado de alcohol se mide en porcentaje en volumen, esta es una expresión común para especificar la concentración de una solución. Se define como:

$$\text{Volumen porcentaje} = (\text{volumen soluto} / \text{volumen solución}) * 100\%$$

Este porcentaje en volumen se emplea generalmente cuando la solución involucra a dos fases líquidas. Para la mayoría de cervezas un límite promedio sería de 4 a un 12 por ciento.

### **1.4.3. Unidades de pasteurización PU**

La pasteurización es un procedimiento térmico por el cual se logra garantizar la calidad biológica a través del tiempo, sin alterar la composición del producto. Se mide en unidades de pasteurización PU.



Las PU definen la eficacia de la pasteurización y la manera de pasteurizar la cerveza. La mayor parte de las veces se efectúa entre los 65 y los 80 grados centígrados durante un tiempo variable, de 15 a 30 segundos.

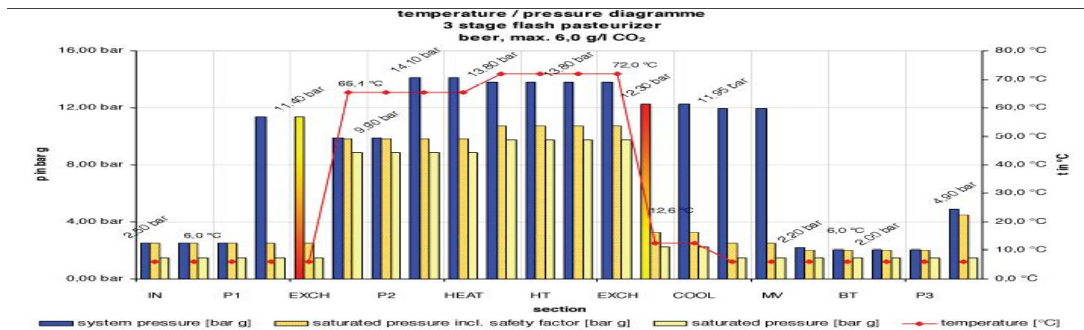
La fórmula para calcular las unidades de pasteurización PU, es la siguiente:

$$PU = t * 1,393^{(Tp - 60^{\circ} C)}$$

En donde:

t = el tiempo de tratamiento en minutos, y  
 Tp = la temperatura de pasteurización

Figura 2. Gráfica de pasteurización



Fuente: [http://kathinka.be/Pasteurizacion-FLASH\\_sp.pdf](http://kathinka.be/Pasteurizacion-FLASH_sp.pdf). Consultada el 4 septiembre 2010.

#### 1.4.4. Cantidad de oxígeno

Uno de los mayores agentes que pueden degradar la calidad de cerveza es el oxígeno. Esto se debe a las reacciones químicas que tiene este elemento natural con las nutrientes de la cerveza.

Durante todo el proceso de elaboración y envasado de la cerveza se mantienen rigurosos controles para evitar que la cerveza tenga contacto con el

medio ambiente, para mantener lo más bajo posible las concentraciones de oxígeno en la cerveza.

Las características que se afectan en la cerveza cuando esta tiene un prolongado contacto con oxígeno son el aroma y el sabor.

La cantidad máxima aceptada de oxígeno para no alterar las características básicas en la cerveza es 0,55 partes por millón.

#### **1.4.5. Cantidad de aire**

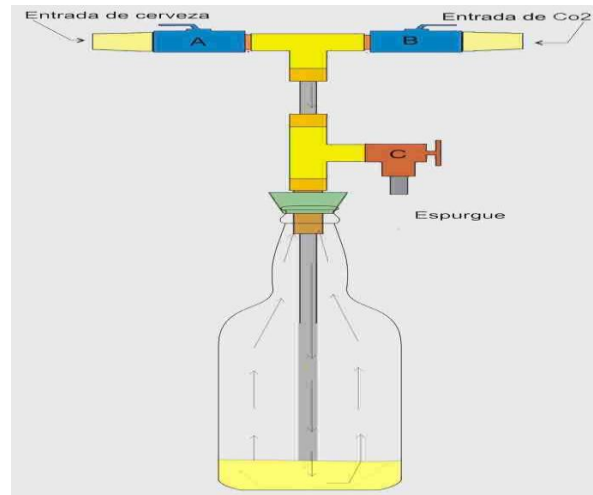
Uno de los procesos más críticos para poder controlar la cantidad de aire en la cerveza es el proceso de llenado. Para poder controlar este proceso se tiene que realizar un barrido de dióxido de carbono.

El proceso del barrido de dióxido de carbono consiste en desplazar la mayor cantidad de aire del envase antes de que la cerveza tenga contacto con el.

El llenado de cerveza se realiza por medio de contrapresión, para evitar la turbulencia en el producto, ya que la turbulencia crea burbujas de aire que degradan las características de la cerveza.

En la contrapresión la válvula de llenado regula la presión de la cerveza y la presión del dióxido de carbono. La presión del dióxido de carbono debe de ser menor que la presión de cerveza para que se produzca el llenado controlado.

Figura 3. **Gráfica de llenado de cerveza**



Fuente: <http://cerveza-casera.iespana.es>. Consultada el 4 de septiembre 2010.

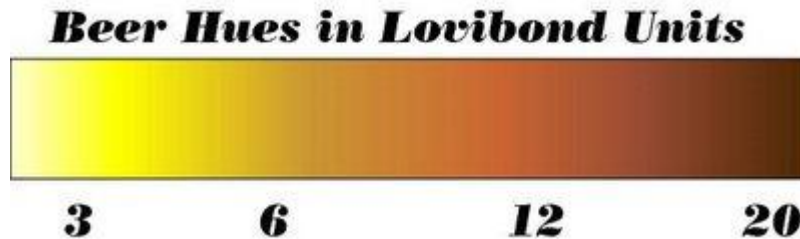
#### 1.4.6. **Color de la cerveza**

El color de la cerveza depende de sus materias primas, en especial del tipo de malta que se utilice durante el cocimiento.

Existen varios métodos para determinar el color de cerveza, antiguamente se utilizaban láminas de vidrios con diferentes colores que se comparaban contra una cerveza para determinar su tonalidad, este sistema es llamado Lovibond.

En la figura 4 se muestra una tabla de Lovibond.

Figura 4. **Unidades Lovibond para medir la tonalidad de cerveza**



Fuente: <http://apuntessobrecerveza.blogspot.com>. Consultada el 4 de septiembre 2010.

Actualmente se utilizan espectrofotómetros para determinar la intensidad del tono de cerveza.

En muchas cerveceras se utilizan colorantes par poder obtener la tonalidad deseada del producto final.

### **1.5. Limpieza en el sitio CIP**

Por limpieza in situ (CIP), se entiende el proceso por el cual se limpia un equipo y/o tuberías sin despiezarlos, haciendo circular por ellos soluciones detergentes a concentraciones, temperatura y caudal apropiado.

La cerveza es un producto que debe de tener controlados todos sus procesos para poder garantizar la estabilidad de sus características.

Para controlar la microbiología del producto y evitar contaminaciones por residuos es indispensable la limpieza de los equipos que procesan la cerveza.

Este proceso de limpieza puede ser manual, o por medio de un circuito de limpieza CIP. En el proceso de limpieza manual se utiliza de un excesivo tiempo por parte del operador para poder desinfectar todo el sistema.

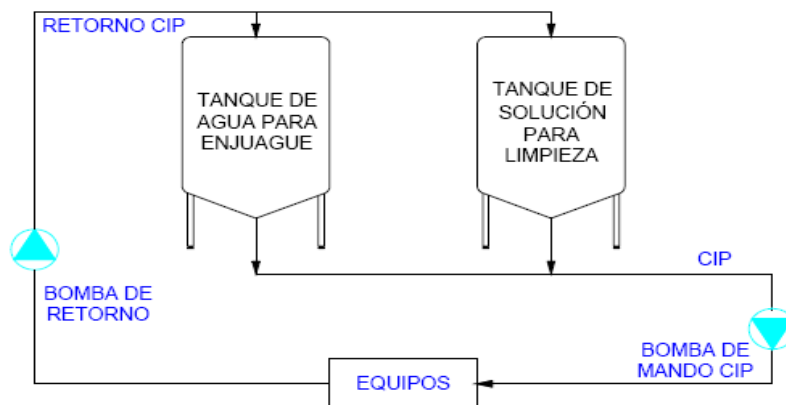
Durante el proceso de limpieza CIP se puede sanitizar el equipo, y se requiere de un menor tiempo invertido.

### 1.5.1. Definición de CIP

CIP, es el proceso por el cual se limpia un equipo y/o tuberías sin despiezarlos, haciendo circular por ellos soluciones detergentes a concentraciones, temperatura y caudal apropiado.

Para entender mejor el proceso de limpieza por este sistema se presenta a continuación la figura 5, donde se detalla un diagrama de flujo con todos los componentes del sistema.

Figura 5. Componentes sistema CIP



Fuente: [www.asociaciondemaestrosceveceroscl.com](http://www.asociaciondemaestrosceveceroscl.com). Consultada el 5 de septiembre 2010.

### 1.5.2. Historia del CIP

Las siglas CIP se refieren a la descripción en inglés de *Clean In Place*, que fue desarrollado para la industria lechera a principio de 1950.

Hasta este entonces todos los tanques eran lavados a mano y físicamente limpiados por personas que entraban a los tanques, mientras que los sistemas de tubería tenían que ser desmontados, cepillados, enjuagados, sanitizados y vueltos a armar diariamente.

Esto significaba, que casi el 50 por ciento del personal utilizado para procesar y envasar los productos estaba directamente relacionado con las operaciones de limpieza y sanitización. La cantidad de tiempo requerida para todas estas operaciones reducía considerablemente la capacidad total de producción.

A medida que las plantas se hicieron más complejas, con capacidades de producción mayores y necesidad de vida útil de los productos mas larga, era obvio que se requería de un tratamiento distinto que debía ser implementado para la limpieza. El resultado fue lo que hoy llamamos un sistema CIP.

Los primeros sistemas CIP no eran más que un tanque de solución, una bomba y unas cuantas válvulas operadas manualmente en donde el operador tenía que controlar la temperatura, agregar químicos al tanque de solución, verificar concentraciones, balancear el flujo operando válvulas manualmente. Este sistema era eficiente siempre y cuando los trabajadores estuvieran bien entrenados. Eventualmente se automatizaron estos procesos para llegar a lo que ahora conocemos como sistemas totalmente automatizados de CIP.

### **1.5.3. Factores que afectan los resultados del CIP**

Hay cuatro factores principales que afectan los resultados del CIP, ellos serían: tipo y concentración de los químicos, los requisitos de temperatura de la solución, el balance de flujos y la acción mecánica.

En toda situación en que se recomienda el uso de químicos, se debe estar consciente del tipo de suciedad involucrada así como de otros aspectos como el equipo, materiales, dureza del agua en el área, requisitos de medio ambiente, etc.

Las soluciones químicas son más efectivas en temperaturas más altas. Generalmente se recomienda la limpieza caliente a todo el equipo de una cervecería. Los equipos deben de ser calentados y enfriados lentamente para evitar golpes térmicos.

Para lavar un recipiente, se necesita una bola, o un grupo de bolas de rociado adecuadas, dependiendo del tamaño del recipiente. Hay varios tipos de diseño de bolas de rocío para cada aplicación, así como muchos tipos de cabezas rotantes de rocío. Las cabezas de rocío deben de ser alimentadas de acuerdo a los flujos y presiones recomendadas por los fabricantes. De no ser así, no se obtendrá un recipiente limpio ya que probablemente no se llegará a ciertas áreas y por lo tanto no se cubre el 100 por ciento de la superficie que debe ser limpiada.

Si la presión o el flujo es muy bajo, el patrón será lo que es conocido como el efecto paraguas, en donde las esquinas no son alcanzadas por las soluciones de limpieza.

Si la presión es muy alta, tendremos mucho salpique y atomización, haciendo que los chorros reboten y las áreas cercanas no sean rociadas adecuadamente por la solución de limpieza.

El patrón correcto debe ser que la solución inunde la superficie superior del recipiente y que resbale hacia abajo por las paredes verticales sin desprenderse de las mismas. Este patrón provee de contacto completo de la superficie con la solución, así como la acción de restregar debido a la velocidad de la solución.

Para poder satisfacer esta condición, se requiere de una bomba de suministro en el circuito de CIP lo suficientemente grande para cumplir con el requerimiento de limpieza de mayor demanda en la planta. Luego se balancea cada tanque individual por medio de un restrictor o placa de orificio insertada en la línea del CIP que alimenta las bolas de rocío individuales del tanque.

Una vez balanceada la línea de suministro, hay que asegurarse de que se pueda desalojar la solución a la misma velocidad.

Se cuenta con la acción mecánica para ayudar en la remoción de suciedad cuando uno se cepilla los dientes o lava una olla en casa, y sabemos lo eficiente es.

En un sistema CIP, con largas tuberías y acoples no se puede reproducir la misma acción. Sin embargo, ha sido comprobado que, si se tiene un flujo rápido de solución a través de la tubería, se pueden conseguir resultados similares.



Los estándares internacionales han determinado una velocidad de 85 pies/segundo como la velocidad mínima para lograr una acción suficiente de restregado para que la línea se limpie bien.

#### **1.5.4. Tipos de unidades de CIP**

Existen tres tipos de unidades de CIP en el mercado, de acuerdo a sus modelos de operación:

- Un solo uso.
- Un solo uso – recuperación.
- Reuso.

##### **1.5.4.1. CIP un solo uso**

Esta unidad está basada en un tanque y una bomba de suministro.

El primer paso de un programa de limpieza de los recipientes es el pre-enjuague en donde se abre la válvula de salida del tanque CIP y la bomba suministra agua limpia al tanque. La bomba de retorno lleva esa agua al drenaje donde luego debe de ser tratada para su reuso.

El segundo paso es el de sacar agua del tanque llevándola al recipiente, permitiendo que el agua se acumule llevándola luego de regreso a la unidad. En cuanto el agua llega de regreso a la unidad, el sensor de flujo envía una señal al panel de control y la válvula de salida del tanque se cierra. En este momento, el recipiente se convierte en el tanque de balance y el sistema empieza a inyectar vapor en la línea del lado de succión de la bomba de recirculación hasta que se obtiene la temperatura adecuada, la cual es

registrada por el control de temperatura. Se inyecta un detergente alcalino en el circuito y la cantidad se mide en base a tiempo o a conductividad.

Una vez que se ha completado el paso de lavado se desvía la solución al drenaje, donde esta solución lleva un tratamiento especial para no contaminar el medio ambiente.

El tercer paso es un post-rinse que es igual al paso de pre-enjuague.

El cuarto paso depende del tipo de planta. Algunos prefieren un lavado ácido. Se puede combinar el cuarto y quinto paso al recircular un sanitizador ácido y luego desviarlo al drenaje en donde debe de ser diluido para no contaminar.

Las empresas que venden estos tipos de sistema argumentan que las ventajas principales son bajo costo, y que al botar la solución cada vez se previene cualquier tipo de contaminación cruzada.

Se debe de tomar en cuenta que estos sistemas son ideales para equipos pequeños.

Las ventajas principales de este sistema son:

- Son los sistemas de CIP más sanitarios porque usan agua, vapor y químicos nuevos en cada ciclo de lavado.
- Son más baratos debido a que usan un solo tanque pequeño y pocas válvulas para la circulación.
- Son más versátiles porque se pueden lavar los equipos en caliente o frío con la misma unidad.

Las desventajas principales de este sistema son:

- No se puede obtener acción de restregado en el recipiente puesto que requiere de bastante volumen para operar eficientemente como tanque de balance.
- Malos retornos son causados por fugas una vez que se han establecido prueba de flujo.
- Se puede usar cantidades excesivas de agua, químicos y energía por no recuperar los mismos.
- El vapor que se inyecta en el circuito puede causar fallas en la bomba.
- Cuando ocurren fugas en plantas grandes, se requiere continuamente de agua fresca y la temperatura baja no llega el nivel predeterminado en ningún momento.

#### **1.5.4.2. CIP de un solo uso – recuperación**

Esta unidad es básicamente una unidad de un solo uso de CIP. La única diferencia es que al tener un segundo tanque, la solución de limpieza es recuperada y utilizada para el siguiente ciclo de lavado como pre-enjuague.

Al usar un pre-enjuague con agua recuperada con un porcentaje de detergente del ciclo de lavado, el paso de lavado requerirá de menos concentración de químicos puesto que el pre-enjuague habrá sido más efectivo.

A continuación se presenta una explicación de cada paso:

En el pre-enjuague la solución del tanque de recuperación es bombeada al recipiente que debe ser lavado y evacuada al drenaje para su tratamiento.

En el lavado se adiciona agua limpia, vapor y químicos del tanque de enjuague hasta que se nivela el flujo. Entonces el recipiente que se limpia se convierte en su tanque de balance, al final del ciclo el agua de lavado regresa al tanque de recuperación.

En el post-enjuague se bombea agua limpia del tanque de enjuague al recipiente que está siendo lavado, forzando lo último del lavado al tanque de recuperación por medio de presión, los últimos impulsos de la bomba son enviados al drenaje.

Se debe de tener un cuidado con las reducciones rápidas de temperatura de lavados calientes a enjuagues fríos. Ya que 22,4 litros de vapor se condensan a 18 mililitros de agua en temperatura ambiente, creando un vacío instantáneo que puede hacer que el tanque colapse.

#### **1.5.4.3. CIP de reuso**

Esta unidad tendrá dos tanques, en donde el más pequeño será un tanque de agua de remojo para picos y el más grande será el tanque de solución.

El tanque de picos tendrá un suministro de agua mientras que el tanque de solución tendrá suministro de agua, vapor y detergente.

Un programa típico de CIP de reuso debe ser como el siguiente:

Primer paso: Pre-rinse

Pre-rinse con agua limpia. La válvula del tanque de agua de picos se abre y la bomba de suministro lleva el agua al recipiente. La bomba de retorno llevará el agua sucia al drenaje.

Segundo paso:

Se desconecta la bomba para evacuar el agua que queda en el recipiente.

Tercer paso:

La válvula del tanque de solución se abre y la bomba de suministro lleva la solución al recipiente y la bomba de retorno recircula la solución de regreso al tanque de solución. La solución ha sido precalentada durante los pasos previos y los químicos fueron agregados al tanque al llegar a la temperatura adecuada. Este procedimiento permite que se minimice el tiempo de lavado.

Cuarto paso:

Se desconecta la bomba para permitir la recuperación de la solución dejada en el recipiente.

Quinto paso:

Post-enjuague con agua limpia. Se abre la válvula del tanque de picos y la bomba de suministro lleva el agua al recipiente. La primera parte de ella debe permitirse retornar al tanque de lavado para que recupere el nivel inicial con agua que tendrá algunos químicos o temperatura que se capturará en la superficie del recipiente. El resto de agua debe ir al drenaje.

Sexto paso:

Este paso depende de la preferencia de cada planta en particular. Algunas plantas irán a un lavado con ácido con agua que sale del tanque de picos y un detergente ácido inyectado en la línea. En este caso, se requerirá de un paso de sanitización. Lo más recomendable por expertos

es un paso de sanitización con un agente sanitizador ácido en vez de lo anterior, porque ahorra el paso de enjuague. Este puede ser dejado sin necesidad de otro enjuague y no es corrosivo para el acero inoxidable.

Las ventajas de estas unidades de CIP son:

- Se requiere un nivel mínimo en el recipiente, optimizando la acción mecánica del procedimiento de limpieza.
- Mejor uso de agua, químicos y energía, ya que se bota menos agua.
- Se reduce los ciclos al preparar la solución durante el paso de pre-enjuague.
- La bomba de suministro no tiene riesgo de fallar, ya que el vapor es añadido al tanque de solución cuando se requieren lavados calientes.
- La concentración química puede ser siempre controlada, inclusive en el evento de fugas, ya que el control de conductividad pedirá más químicos si así se requiere.

Las desventajas principales de estas unidades son:

- La misma unidad no puede ser utilizada para todas las áreas de una planta grande.
- Si los tanques no son diseñados adecuadamente, los mismos pueden acumular suciedad.

### **1.5.5. Componentes de una unidad CIP**

Sin importar que tan simples o complejas sean, las unidades de CIP para una cervecería deben contar con algunos componentes en común:

- Por lo menos un tanque de acero inoxidable.
- Una bomba centrífuga construida de acero inoxidable.
- Suministro de agua limpia.
- Válvulas de mariposa de acero inoxidable para sistemas manuales, para los sistemas automáticos válvulas de mariposa de acero inoxidable con actuador neumático.
- Una línea de inyección de vapor y una válvula, opcional un intercambiador de calor para recircular la solución y calentarla.

#### **1.5.5.1. Equipo para suministro de químicos**

Las unidades de CIP requieren de la transferencia de detergentes químicos y sanitizadores al sistema. Esto puede ser logrado por bombas de químicos y venturis.

Las bombas peristálticas son eléctricas, en donde el bombeo se logra comprimiendo una manguera flexible en una caja circular.

Las bombas de doble diafragma operadas por aire son muy confiables, operan con presión de aire y pueden ser reguladas incrementando o reduciendo la presión de aire, tiene un menor mantenimiento y mayor resistencia química.

#### **1.5.5.2. Sistema de control**

Un sistema automático de CIP debe ser capaz de controlar las siguientes variables:

- Concentración química.
- Temperatura.

- Niveles de agua.
- Tiempo.

La concentración química no puede ser controlada ni monitoreada directamente en forma automática. Por lo tanto, conductividad y no pH es usada para controlar la concentración química con un aparato que es capaz de controlar completamente con compensación de temperatura y circuitos de alarma.

Otra forma de controlar la concentración es por medio de la dosificación en base a tiempo. Esto se hace sobre marcha y debe ser adecuado para los requerimientos del circuito más largo.

El sistema de control debe permitir que los químicos sean añadidos cuando la temperatura alcanza los niveles preseleccionados.

### **1.5.5.3. Programador**

El programador es el corazón de la operación automática de una unidad de CIP. Su propósito es el de activar válvulas, bombas u otros artefactos del CIP de manera ordenada para producir los pasos necesarios en un programa de limpieza.

Los programadores se pueden encontrar desde pequeños artefactos mecánicos con microinterruptores para medir el tiempo, hasta los grandes microprocesadores.

Los microprocesadores son los programadores más avanzados en el mercado. El cerebro de este sistema es un chip de computador con un circuito



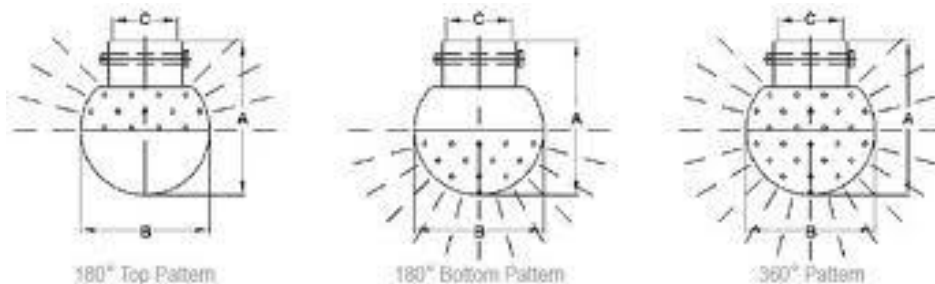
integrado que cubre todas las funciones y mucho más que los predecesores electromecánicos.

#### 1.5.5.4. Accesorios para rociar tanques

Cuando se diseña un sistema CIP, se tiene que tener en consideración si se utilizaran bolas de rociado o cabezas rotativas para realizar la acción mecánica de limpieza en los tanques.

En términos generales, mientras más pesado y difícil de remover sea la suciedad de un tanque, la acción mecánica de una cabeza rotativa puede ser de gran beneficio. Los sucios más fáciles pueden ser manejados con el uso de bolas rociadoras.

Figura 6. **Cabezas rotativas (*spray balls*) para limpieza tanques**



Fuente: [www.sanitube.es](http://www.sanitube.es). Consultado el 5 de octubre 2010.

## **2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Análisis del proceso de llenado de barriles**

El proceso de llenado de barriles de 30 y 50 litros conserva los principios de llenado anteriormente descritos.

Este es un proceso de cuatro estaciones, en la primer estación se drenan los restos de cerveza anterior con agua suave a temperatura ambiente, en la segunda estación se tiene la limpieza interna del barril con agua caliente y soda cáustica, en la tercer estación se esteriliza el barril con vapor y en la cuarta estación se encuentra la válvula de llenado de cerveza.

La línea de llenado de barriles se encuentra en un salón de embotellado que cumple con las normas de buenas prácticas de manufactura, y por contar con las normas ISO 9 001 implementadas, se busca mejorar el proceso constantemente para poder asegurar constantemente la calidad del producto.

Esta línea de llenado de barriles cuenta con dos operadores, los cuales son encargados de realizar las tareas de producción, limpieza y mantenimiento autónomo.

Es importante mencionar que esta línea puede llenar barriles con diferentes tipos de cerveza, una de ellas es la cerveza oscura.

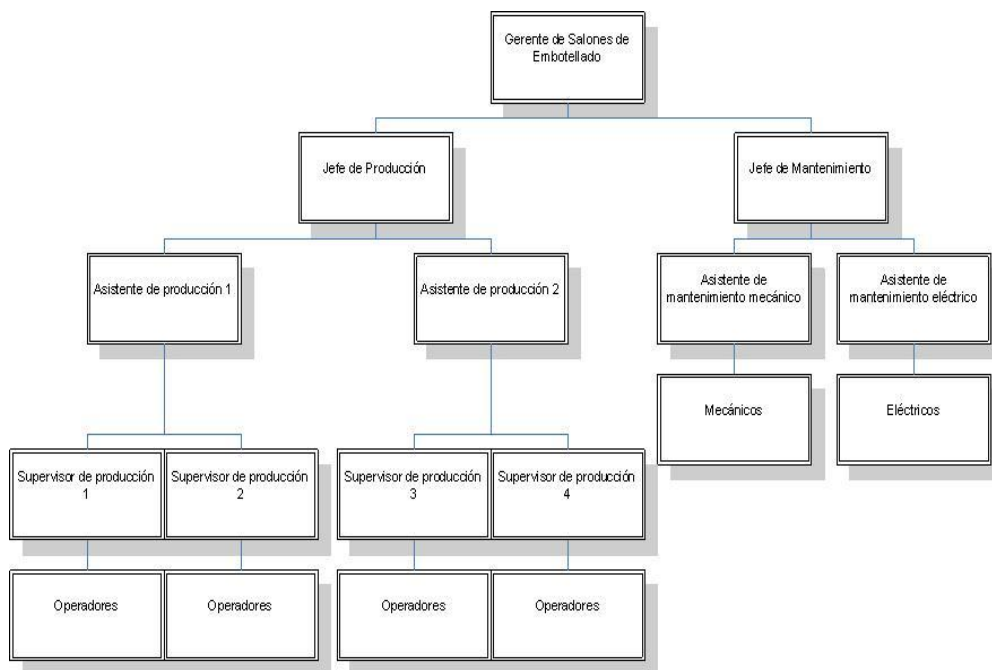
Este tipo de cerveza requiere de un cuidado especial en la limpieza, ya que por sus propiedades se pueden encontrar cristalizaciones e incrustaciones por la temperatura del proceso.

### 2.1.1. Estructura organizacional de salones de embotellado

Los salones de embotellado cuentan con una estructura jerárquica bastante ordenada, donde cada uno de los colaboradores cuenta con un descriptor de puestos, y la asignación de las tareas es específica.

A continuación se muestra la estructura organizacional de los salones de embotellado:

Figura 7. Estructura organizacional de salones de embotellado



Fuente: elaboración propia.

## 2.1.2. Diagrama de operaciones

Con el diagrama de operaciones se representará gráficamente el proceso del llenado de barriles.

Figura 8. Diagrama de operaciones línea de llenado de barriles

Proceso: Llenado de barriles

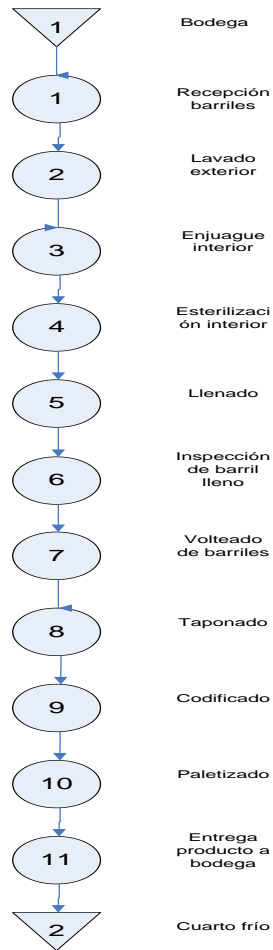
Método: Actual

Analista: César Torres

Fecha: 13 julio 2010

Empresa: Cervecería

Página: 1 de 1



Fuente: elaboración propia.

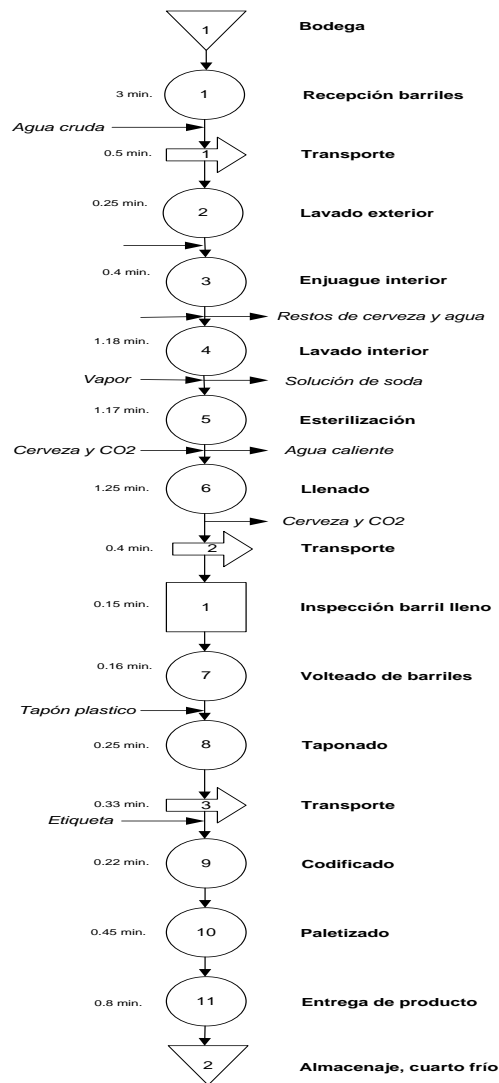
### 2.1.3. Diagrama de flujo

Con el diagrama de flujo se obtendrá una representación gráfica del proceso y se observarán las entradas y salidas de insumos.

Figura 9. Diagrama de flujo línea de llenado de barriles

Proceso: Llenado de barriles  
 Método: Actual  
 Analista: César Torres

Fecha: 13 de julio 2010  
 Empresa: Cervecería  
 Página: 1 de 1



Continuación de la figura 9.

## RESUMEN

### DIAGRAMA DE FLUJO

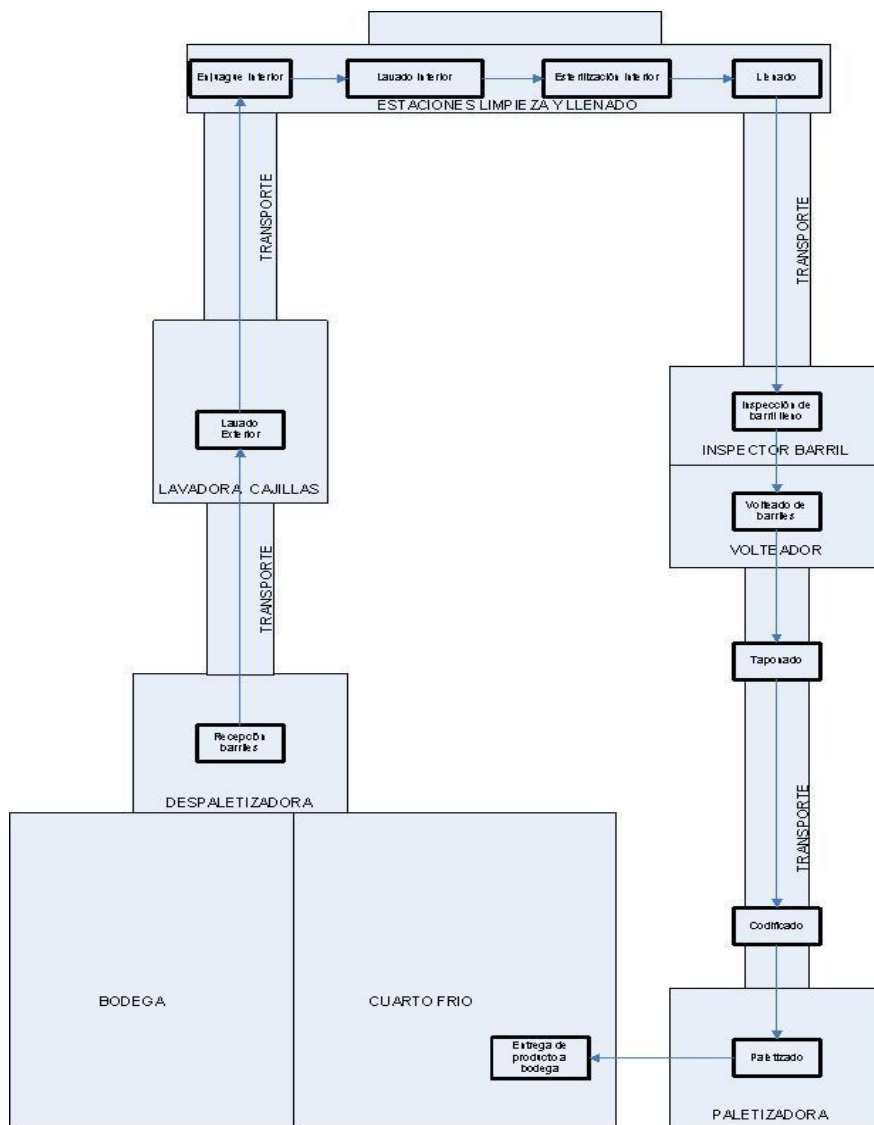
SIMBOLO	EVENTO	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
▽	Bodega	2	0	0
○	Operación	11	9.96 min.	0
→	Transporte	3	1.23 min.	21 mt.
□	Inspección	1	0.15 min.	0

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.4. Diagrama de recorrido

Con el diagrama de recorrido se obtendrá una representación gráfica del proceso y se observará la distribución física de cada una de las operaciones.

Figura 10. Diagrama de recorrido línea de llenado de barriles



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Máquinas y equipos en la línea de llenado de barriles**

Se realiza una breve descripción de cada uno de las máquinas y equipos de la línea de llenado para poder comprender el proceso.

### **2.2.1. Transporte**

En el transporte de barril vacío se utilizan rodos de acero inoxidable con cojinetes, estos rodos están sujetos de los soportes por medio de tornillos. Su accionamiento es por medio de gravedad.

En las estaciones de limpieza y llenado se utiliza transporte de cadena tablita de acero inoxidable, esta cadena es soportada por guías de plástico para evitar el desgaste de los soportes de acero inoxidable. Su accionamiento es automático por medio de variadores de velocidad los cuales son activados por sensores de presencia.

El transporte de barril lleno es de rodos de acero inoxidable, estos rodos son accionados por cadenas, cajas reductoras y motores, son activados por medio de sensores de presencia.

### **2.2.2. Lavadora**

La lavadora externa de barriles es de acero inoxidable, posee en la parte interna jets de alta presión. Estos jets impulsan el agua suave que lava el barril por medio de fricción. El agua utilizada es reciclada en el sistema.



El agua es filtrada para eliminar residuos sólidos y es almacenada en un tanque, luego se bombea hacia los jets de alta presión para mantener un flujo constante durante el lavado.

La lavadora posee un sensor de presencia, este activa el transporte de cadena tablita de acero inoxidable y la bomba de los jets de alta presión.

Por las pérdidas de agua en el proceso esta máquina cuenta con un nivel de profundidad en el tanque de almacenamiento, el cual manda a abrir una válvula neumática que permite el paso de agua suave de una tubería de alimentación cuando el nivel llega al valor mínimo permitido.

Se puede variar la altura de los jets de alta presión para que puedan ser lavados los barriles de 50 litros y los barriles de 30 litros. El mecanismo que varía la altura de los jets es neumático.

### **2.2.3. Llenadora**

La llenadora de barriles es de acero inoxidable, en esta máquina se encuentran las estaciones de enjuague interior, lavado interior, esterilización y llenado.

La llenadora posee una mesa central, la cual tiene un movimiento horizontal, de esta forma es como posiciona los barriles en cada una de las estaciones.

Cada una de las estaciones posee una función específica, el movimiento de estas estaciones es vertical, todo el sistema es accionado neumáticamente por una computadora industrial (PLC).

En la estación de enjuague interior se drenan los restos de cerveza y dióxido de carbono, para poder realizar el lavado adecuadamente se lava el interior del barril con agua caliente.

La segunda estación, es la de lavado interior, se lava el barril con soda cáustica diluida a una temperatura elevada, para eliminar cualquier tipo de contaminación.

En la estación de esterilización se aplica vapor durante un tiempo determinado, y de esta forma se asegura la limpieza interna del barril.

En la estación de llenado, se presuriza el barril con dióxido de carbono para poder controlar el proceso. Luego se llena lentamente el barril para evitar turbulencia y así evitar una cantidad no deseada de espuma.

#### **2.2.4. Inspector de nivel**

El inspector de nivel cuenta con una fuente radioactiva que proyecta rayos gamma. Esta fuente radioactiva se encuentra sellada y encajonada, permite únicamente la emisión de estos rayos hacia un detector. Por lo cual es completamente segura para los operadores.

Los rayos gamma atraviesan completamente cualquier materia que sea posicionada entre ella y el receptor.

La emisión de rayos gamma se mide por medio de radianes por segundo, cuando una materia se posiciona entre la fuente y el emisor, funciona como una resistencia y disminuye el valor de radianes por segundo emitidos por la fuente.

El inspector de nivel puede detectar la variación de radianes emitidos, y convierte el valor obtenido en un valor de nivel de volumen.

Si el llenado del barril no cumple con el valor mínimo establecido de volumen suena una alarma y para el transporte. El operador detecta esta alarma y retira manualmente el barril.

En la salida del inspector de nivel se encuentra un volteador de barriles, este volteador posiciona el barril con la válvula hacia arriba para que pueda ser etiquetado, taponado y paletizado.

#### **2.2.5. Tanque buffer**

Este tanque buffer es de acero inoxidable, su principal función es el almacenamiento de cerveza. Es utilizado para mantener constante la presión de llenado en el barril.

La cerveza se envía del proceso de filtración hacia el tanque buffer, el cual es presurizado con dióxido de carbono para minimizar la turbulencia en la parte interna del tanque.

Cuando se llena al nivel establecido el tanque, ya no se bombea cerveza de filtros, y se traslada la cerveza del tanque hacia la estación de llenado por medio de presión por dióxido de carbono. Por lo cual el tanque posee una válvula de vacío en la parte superior, para evitar que en algún momento se cree vacío en el tanque y este sea deformado.

El tanque posee una puerta lateral que permite el mantenimiento y limpieza del mismo.

Este tanque posee en un lateral una mirilla de vidrio pirex, para que el operador pueda saber cuando el nivel de cerveza disminuye. Cuando el nivel de cerveza llega al mínimo permitido el operador detiene la operación de llenado para poder reestablecer el nivel máximo del tanque buffer.

### **2.2.6. CIP actual**

Actualmente esta línea de llenado cuenta con un CIP completamente manual, de un solo uso, donde no se recuperan los químicos utilizados para la limpieza.

El CIP actual posee varias oportunidades de mejora, para que la limpieza sea segura, se recomienda que no hayan variaciones en el diámetro de las tuberías y elementos de control del proceso.

Al requerir un cambio de diámetro en la tubería o elemento de control de un proceso la presión siempre debe de ser positiva, debe pasar de un diámetro mayor a un diámetro menor para mantener la presión mínima requerida para una limpieza efectiva.

Este circuito cuenta con un tanque de almacenamiento de soda cáustica, pero la capacidad de este tanque es muy limitada, por lo cual el proceso de CIP se interrumpe por unos segundos para que el tanque pueda recuperar sus condiciones de bombeo.

El proceso actual de CIP es manual, por lo que existe el riesgo de que un operador nuevo o con poca experiencia cometa un error, ya que los químicos son circulados con un orden y tiempo establecido. Para evitar estos errores se recomienda automatizar el proceso.

Para elevar la temperatura de los químicos utilizados se utiliza un serpentín, el cual se ubica adentro del tanque de almacenamiento.

Para sanitizar el proceso actualmente se utiliza un enjuague inicial, una etapa de limpieza con soda cáustica, una etapa de limpieza con ácido y un enjuague final.

## **2.3. Servicios**

Se realiza una breve descripción de los servicios que utiliza la línea de llenado para comprender de mejor forma el proceso.

### **2.3.1. Cerveza**

La cerveza que es utilizada para llenar los barriles es una cerveza cruda, la cual no ha sido pasteurizada. Por ser una cerveza no pasteurizada se reduce considerablemente el tiempo de vida de la misma, y se tiene un mayor riesgo de contaminación, por lo cual el circuito de limpieza debe de ser óptimo.

La presión de llenado de cerveza al barril debe de ser controlada, se debe de controlar la presión de llenado para evitar turbulencia en la cerveza, ya que la turbulencia puede generar presencia de aire, y este es un agente altamente oxidante para este producto.

La temperatura de llenado debe de ser inferior a los 8 grados centígrados para poder estabilizar el dióxido de carbono del producto, si no se estabiliza el dióxido de carbono cuando se llena el envase se presenta un espumeo excesivo, el cual afecta directamente el nivel de volumen del mismo.

Para poder mantener estos parámetros bajo control se utiliza un rango de presión de 3 a 6 bares y un rango de temperatura de 3 a 8 grados centígrados.

### **2.3.2. CO<sub>2</sub>**

El CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) es un gas que se disuelve fácilmente en el agua o cerveza. La cantidad de gas disuelta en la cerveza se mide en volúmenes. Un litro de cerveza se carbonata con aproximadamente 2 a 3 volúmenes (por cada litro de cerveza están disueltos de 2 a 3 litros de dióxido de carbono).

El dióxido de carbono dióxido de carbono en sí no tiene ningún sabor, o por lo menos no es detectable, pero como gas saliendo de solución en forma de burbujas o espuma incide en la percepción de aromas y sabores característicos de la cerveza, resaltando sus características fundamentales.

Cuando se elabora cerveza se debe tener controlado el nivel de carbonatación de forma que se obtengan las características de aroma y sabor deseados, normalmente las cervezas con un fuerte amargo y perfume tienen un nivel bajo de carbonatación que las cervezas con menos sabor y aroma.

La presión de dióxido de carbono se define como la fuerza a la cual las moléculas de dióxido de carbono en la parte superior de la cerveza presionan

al envase. A medida que la presión aumenta, el gas golpea a la cerveza con mayor fuerza y se disuelve dentro de la cerveza mas fácilmente.

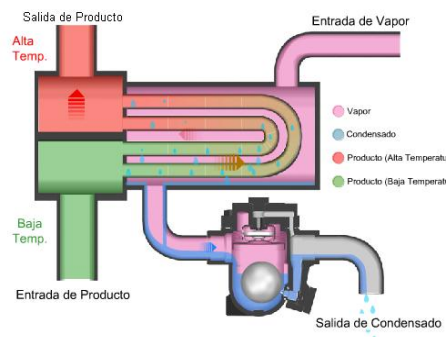
La temperatura de la cerveza afecta la cantidad de presión en el envase para controlar el nivel de carbonatación, a medida que la temperatura de la cerveza aumenta, el gas se expande y sale de la cerveza, a medida que disminuye la temperatura el gas se disuelve más fácilmente en la cerveza.

### 2.3.3. Vapor

El vapor utilizado es vapor sobrecalentado, este vapor de agua se encuentra a una temperatura más elevada que el del punto de ebullición, esto se logra circulando el vapor saturado (a temperatura de ebullición) por los gases de combustión de la caldera, aumentando así su temperatura.

El vapor entra directamente a dos intercambiadores de calor, uno eleva la temperatura de las soluciones de CIP y el otro eleva la temperatura del agua para limpieza de los barriles.

Figura 11. **Intercambiador de calor**



Fuente: [www.tlv.com/LA/steam-theory/types-of-steam.html](http://www.tlv.com/LA/steam-theory/types-of-steam.html). Consultada el 27 de octubre 2010.

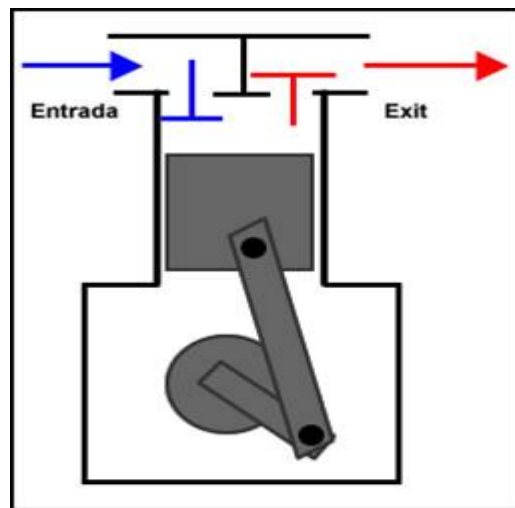
También se utiliza el vapor para esterilizar el barril de acero inoxidable, antes del llenado de cerveza.

#### 2.3.4. Aire

El aire comprimido utilizado en la línea de barriles es únicamente para las aplicaciones neumáticas de los diferentes procesos en el que se utilizan válvulas neumáticas, cilindros neumáticos y actuadores neumáticos. La presión de aire se regula manualmente en cada uno de estos puntos.

El aire es comprimido en compresores de pistón de tres etapas, la compresión en estos compresores se realiza por el movimiento alternativo de un pistón accionado por un mecanismo de biela-manivela, es necesario refrigerar el aire entre las etapas ya que la fricción aumenta la temperatura del mismo.

Figura 12. **Compresor de pistón**



Fuente: <http://sitioniche.com>. Consultada el 7 noviembre 2010.



El aire comprimido es distribuido en un rango de presión de 8 a 12 bares, a una temperatura de -14 a -20 grados Celsius, para evitar el condensamiento del mismo en la línea de distribución.

### **2.3.5. Agua cruda**

El agua cruda (agua dura) utilizada es el agua que se extrae directamente de los pozos ubicados en las instalaciones, se utiliza agua cruda en los procesos de limpieza del área de trabajo.

Los pozos de agua utilizan dos bombas de embolo alternativo, los cuales extraen el agua hacia un aljibe (cisterna para almacenamiento de agua).

Luego el agua es distribuida a la línea de llenado de barriles a una presión de 3 bares.

La limpieza del área de trabajo se realiza una vez al día, al terminar la producción. Para lograr un consumo considerado de agua en este proceso se tiene control con un contador de agua, ubicado al ingreso de la línea de llenado de barriles.

### **2.3.6. Agua suave**

El agua suave (agua blanda) es utilizada en los procesos de generación de vapor, limpieza interna del barril, en el proceso de lavado externo del barril y en la lubricación de las cadenas de acero inoxidable.

El agua es suavizada en el cuarto de tratamiento de agua, se utiliza el proceso de intercambio iónico.

El agua cruda posee partículas suspendidas de calcio y de magnesio, estas partículas pueden ser dañinas para los equipos e instrumentos debido a las incrustaciones que se generan por el calor inducido en los diferentes procesos.

Para evitar estas incrustaciones es necesario suavizar el agua, este proceso se realiza mediante el intercambio iónico.

Se suaviza el agua por medio de un depósito que se encuentra lleno de granos de poliestireno, llamados también resina o zeolita, estos granos se encuentran cargados negativamente.

Las partículas de calcio y magnesio tienen cargas positivas, esto significa que estas partículas se aferrarán a los granos de resina cuando el agua dura pasa a través del depósitos lleno de este mineral.

Cuando los granos de resina se encuentran saturados se regeneran por medio de un retrolavado con una solución de salmuera (agua dura con sal concentrada).

### **2.3.7. Energía eléctrica**

En la línea de llenado de barriles se utiliza energía eléctrica para la iluminación y ventilación del área de trabajo y para el funcionamiento de los motores que generan tracción en los transportes.

La conexión de los motores es Delta Estrella.

Una subestación eléctrica distribuye el voltaje en 110, 220 y 440 voltios, según sea requerido por el proceso.

Se cuenta también con un generador de energía eléctrica auxiliar para emergencias, este utiliza diesel para su funcionamiento.

## **2.4. Capacidad del proceso**

La capacidad del proceso es la razón máxima de capacidad productiva existente dentro de un escenario de operaciones de una organización

La capacidad es la tasa de producción que puede obtenerse en un proceso productivo.

De la capacidad del proceso va a depender el éxito de una empresa. La primera decisión importante que se debe de realizar al elaborar un producto es incrementar la productividad.

Debemos mencionar que uno de los objetivos fundamentales de la empresa es producir de la manera más eficiente y en el momento oportuno, la cantidad de producto que demanda el mercado.

### **2.4.1. Ritmo de producción**

El ritmo de producción de los barriles esta establecido en base a los tiempos estándares que se tienen en cada uno de los procesos en el llenado de barriles.

El proceso de llenado de barriles consiste en varias operaciones, cada una de ellas esta programada automáticamente por el PLC, de esta forma podemos sumar cada uno de los tiempos de los proceso y obtener un tiempo estándar para el llenado de barriles y de esta forma tener un ritmo de producción por hora.

Por ser un proceso automático no es recomendable modificar los tiempos de cada una de las operaciones, para poder aumentar el ritmo de producción, ya que estos valores han sido diseñados por el fabricante del equipo para mantener la calidad del proceso.

Tabla I. **Tiempo estándar en llenado de barril**

Operación	Tiempo (seg.)
<b>ESTACIÓN 1</b>	<b>60</b>
Drenaje de restos de cerveza	9
Agua fresca	15
Drenaje restos agua fresca	9
Soda	15
Drenaje de soda	12
<b>ESTACIÓN 2</b>	<b>35</b>
Agua caliente	22
Drenaje agua caliente	13
<b>ESTACIÓN 3</b>	<b>70</b>
Entrada vapor	53
Drenaje vapor y condensado	17
<b>ESTACIÓN 4</b>	<b>75</b>
Llenado de barril	75
<b>TIEMPO ESTANDAR</b>	<b>240</b>

Fuente: empresa en estudio.

Podemos determinar que el ritmo de producción es de 240 segundos por barril, lo cual nos da un total de 15 barriles por hora.

### **2.4.2. Eficiencias**

Podemos definir la eficiencia como la relación entre los resultados obtenidos y los recursos utilizados.

En esta empresa la eficiencia se mide por medio de la productividad, este es el índice para poder medir su proceso de llenado de barriles, utilizan la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{tiempo estándar} \times \text{producción real}}{\text{número de empleados} \times \text{Hrs. trabajadas}}$$

La eficiencia en esta empresa se mide diariamente, para poder corregir en un período de tiempo corto alguna desviación en los factores que puedan afectar la productividad.

Se cuenta con un valor de eficiencia mensual. Este es revisado mensualmente por el gerente de producción, los asistentes de producción y mantenimiento para poder corregir las desviaciones que se puedan presentar en el proceso para obtener la mayor eficiencia posible del proceso.

La eficiencia se puede ver afectada por pérdidas de tiempo de operación y por pérdidas de tiempo por desperfectos mecánicos o eléctricos del equipo.

Los tiempos de limpieza por CIP también pueden afectar la eficiencia de la operación, por lo cual no se debe de exceder el tiempo de limpieza en la línea de llenado de barriles.

También puede afectar la eficiencia factores ajenos a la producción, por ejemplo: un insumo en mal estado, la falta de energía eléctrica ó una evacuación por simulacro o emergencia, etc.

El operador de la llenadora de barriles es el encargado de reportar diariamente todos los tiempos perdidos en el proceso, de esta forma se obtiene el reporte de tiempos perdidos y este es analizado por los asistentes de producción y mantenimiento para la corrección de los mismos.

## **2.5. Evaluación del equipo de la línea de llenado**

Se evaluará el proceso de llenado de barriles por medio de la identificación de posibles riesgos físicos, químicos o biológicos que cada una de las operaciones pueda tener, es importante realizar esta evaluación para poder identificar los puntos de mejora en la línea de llenado.

Para poder diseñar un sistema de limpieza CIP, es necesario contar con una matriz de riesgos del proceso, para poder identificar los puntos en donde se debe de modificar el equipo y/o tuberías de servicio para que estas cumplan con los requerimientos del proceso de limpieza y no se encuentre un punto muerto (se define como punto muerto un lugar en donde el circuito de limpieza CIP no es efectivo) en donde pueda generarse contaminación.

### **2.5.1. Riesgos físicos**

Se define como un riesgo físico cualquier punto de la operación en donde pueda existir riesgo de contaminación por sólidos externos o internos al proceso, también se toma en cuenta como un riesgo físico una mala instalación de una tubería de servicio o de un instrumento de medición mal instalado en la red de distribución de un servicio que afecte directamente el proceso de llenado de barriles o el circuito de limpieza CIP.

### **2.5.2. Riesgos químicos**

Un riesgo químico se encuentra en cualquier punto de la operación de llenado de barriles en donde se pueda presentar contaminación por un agente químico, o por una contaminación cruzada (contaminación por la mezcla de dos productos).

Un punto de contaminación cruzada es cuando una sola válvula separa dos productos diferentes, ya que los empaques de esta válvula pueden presentar una falla y de esta forma contaminar el producto final.

También se puede generar contaminación cruzada si se tiene una solución de limpieza en un lado de la válvula y el producto de proceso en el otro lado de la válvula.

### **2.5.3. Riesgos biológicos**

Se toma como un riesgo biológico cualquier punto de la operación en donde pueda existir un agente biológico ajeno al producto elaborado.

Se puede generar contaminación biológica por un mal procedimiento en la elaboración de la cerveza, en donde se contamine con algún microorganismo.

Otro punto de contaminación biológica son puntos muertos en las tuberías de cerveza, ya que en estos puntos el circuito de limpieza CIP no es efectivo y pueden crecer microorganismos que afecten la calidad del producto y que pueden ser dañinos para el consumidor.

También se puede generar contaminación biológica en los puntos donde se abre constantemente la tubería al medio ambiente, por ejemplo: válvulas toma muestra o manómetros de presión. En estos puntos se debe de realizar una limpieza especial para disminuir dicho riesgo.

Para poder tener un parámetro de comparación se deben de tomar muestras del producto en los siguientes puntos: al final del proceso de elaboración de cerveza, en el tanque de almacenamiento de cerveza, en la tubería de cerveza en la entrada de la llenadora de barriles y en el producto final.



## 2.5.4. Matriz de riesgos y equipo

Se realiza una breve descripción con los riesgos identificados en el proceso.

Tabla II. Matriz de riesgos y equipo

PUNTOS DE ANÁLISIS	PELIGROS POTENCIALES	¿ES UN PELIGRO SIGNIFICATIVO?	JUSTIFIQUE DECISIÓN DE LA COLUMNA ANTERIOR	MEDIDAS PREVENTIVAS PARA PREVENIR EL PELIGRO SIGNIFICATIVO
TUBERIA DE SERVICIOS	<b>RIESGOS QUIMICOS</b> Restos de solución de Cip	SI	hay un punto en el cual hay solución de CIP de un lado de una válvula y producto en el otro extremo.	Modificación de este punto, se cambiara por un panel de codos.
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b> microorganismos	NO	vienen en tubería de cerveza, propios de cerveza no pasteurizada	Cip semanal y paso de cloro diario.
TANQUE BUFFER	<b>RIESGOS QUIMICOS</b> Restos de solución de Cip	NO	soluciones de Cip semanal	Cip semanal y paso de cloro diario.
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b> microorganismos	NO	vienen en tubería de cerveza, propios de cerveza no pasteurizada	Cip semanal y paso de cloro diario.
ENVASE VACIO	<b>RIESGOS QUIMICOS</b> Ninguno	NO	NA	NO
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	SI	se han encontrado objetos dentro de los barriles	los que se han encontrado no los ha llenado la máquina
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	SI	la rosca de la válvula y el tapón solo tiene un lavado superficial	se tiene que evaluar un lavado más profundo para esta parte del barril

Continuación de la tabla II.

	polvo, mosquitos en boca de barril			
<b>DESPALETIZADO</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>	NO	NA	
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>		NA	
		NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	NO	NA	
<b>LAVADORA EXTERNA BARRIL</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>	NO	NA	
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>		es una ducha de agua cruda para eliminar restos de polvo del exterior del barril	
		NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>		NA	
		NO		
<b>ESTACIONES LAVADO INTERNO/LLENADO</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>		Contaminación con soda cáustica	Hay una estación posterior donde se pasa agua caliente y vapor. SE DEBE REVISAR DIARIAMENTE UN BARRIL DE PRUEBA
	restos de soda	SI		
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>		Hay riesgo de contaminación Microbiológica propios de la cerveza no pasteurizada	Evaluar posible pasteurización con intercambiador de placas.
		SI		
<b>INSPECTOR DE NIVEL</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>	NO	NA	
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>			
<b>VOLTEADOR DE KEGS</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>	NO	NA	
	Ninguno	NO		
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO	NA	
	Ninguno			
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	NO	NA	
<b>COLOCAR MARCHAMO, TAPON Y ETIQUETA</b>	<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>			
	Ninguno	NO	NA	N/A
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>			
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	NO	NA	
		NO	NA	

Continuación de la tabla II.

<b>PALETIZADO</b>	<b>RIESGOS QUIMICOS</b>	NO	NA	NA
	Ninguno			
	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO	NA	
<b>CUARTO FRIO</b>	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	NO	NA	NA
	Ninguno			
	<b>RIESGOS QUIMICOS</b>	NO	NA	NA
<b>CUARTO FRIO</b>	<b>RIESGOS FÍSICOS</b>	NO		
	<b>RIESGOS BIOLÓGICOS</b>	NO	NA	NA
	Ninguno			

Fuente: elaboración propia.

Se tiene actualmente un tanque de llenado de barriles de 10 hectolitros, para poder realizar una limpieza CIP a este tanque se propone elaborar un sistema de tanques de agua para enjuagues y un tanque para la solución de limpieza, por lo cual procederemos al cálculo de cada uno.

### **3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LIMPIEZA CIP**

La propuesta que se presenta es la elaboración de un sistema de limpieza CIP de reuso, con tanques de recuperación de soluciones de limpieza. Controlado automáticamente por una computadora industrial. Se diseñarán los tanques de almacenamiento, y el sistema de control automatizado.

#### **3.1. Validación de rociadores para CIP en tanques**

Para realizar una limpieza eficaz en los tanques del proceso de llenado de barriles es necesario colocar en la parte superior interna de ellos un dispositivo capaz de esparcir y rociar la solución de limpieza sobre la superficie del tanque, para este fin se utilizan diferentes tipos de rociadores (conocidos como *spray balls* comercialmente).

Normalmente se utilizan rociadores de bola en el interior de los tanques, ya que vienen directamente instalados desde la fabricación del tanque por parte de los proveedores del mismo.

Tipos de rociadores de bola:

- Rociador con ángulo a 360

Estos rociadores son ideales para superficies de tanques con mucha suciedad, este diseño provee una regular distribución del fluido de limpieza en la totalidad de la superficie del tanque.

- Rociador con ángulo a 180 hacia arriba

Estos rociadores se utilizan cuando la parte superior del tanque necesita limpieza, la parte inferior y lados del tanque es limpiada por gravedad.

- Rociador con ángulo a 180 hacia abajo

Este rociador se utiliza solo en ocasiones especiales, se utiliza únicamente cuando el tanque tiene internamente instrumentos de medición que puedan ser dañados por la limpieza.

- Rociador con ángulo a 270 hacia arriba

Este tipo de rociador se utiliza para superficies de tanques con mucha suciedad, la parte central del tanque podría tener una válvula o instrumento especial que no puede estar expuesto al fluido de limpieza.

El rociador recomendado por la empresa que distribuye los equipos y químicos para limpieza CIP a esta empresa es un rociador con ángulo a 360.

Figura 13. **Rociadores de bola**



Fuente: <http://mx.spray.com>. Consultada el 14 noviembre 2010.

### 3.2. Diseño de etapa de pre-enjuague

Para poder efectuar el diseño de cada una de las etapas es necesario calcular el flujo volumétrico a manejar en el sistema de limpieza CIP.

Para este cálculo necesitaremos una tabla de flujo en diferentes diámetros de tuberías:

Tabla III. Flujo de tuberías

<b>Diámetro Tubería</b>	<b>Flujo (l/h)</b>	<b>Volumen (l/100m)</b>
25,0 mm	2 070	40
38,0 mm	5 100	99
51,0 mm	9 600	184
63,5 mm	15 400	287
76,0 mm	22 500	408
101,6 mm	40 200	748

Fuente: [www.arqa.com](http://www.arqa.com). Consultada el 15 noviembre 2010.

Con la tabla 3 podemos determinar el caudal requerido para cada diámetro de tubería, además del volumen en litros de líquido retenido por cada 100 milímetros de tubería.

La tubería a utilizar es de 38 milímetros, por lo cual obtenemos un caudal de 5,1 metros cúbicos hora, este será el valor del caudal utilizado para cada ciclo de limpieza.

La etapa de pre-enjuague es formada por un tanque al cual ingresa agua suave a temperatura ambiente.

El agua utilizada en esta etapa no es reutilizable, ya que el agua que se utilizará en esta etapa es el agua de los enjuagues intermedio y final.

La temperatura del agua de esta etapa debe de estar en un rango de 55 grados centígrados mínimo y 70 grados centígrados máximo, esta temperatura se producirá por un intercambiador de calor de tubos que se ubicará en la parte interior del tanque.

La duración de este ciclo debe de ser de 10 minutos, tiempo sugerido por el proveedor de químicos para CIP, ya que este tiempo es suficiente para eliminar todos los residuos de cerveza en el equipo y/o tuberías.

### **3.2.1. Tanque de pre-enjuague**

Para diseñar el tanque de pre-enjuague es necesario preparar información sobre la capacidad del tanque, dimensionamiento y diseño mecánico.

- Capacidad del tanque de pre-enjuague

El volumen de este tanque depende del caudal y del tiempo de este ciclo, así como de los enjuagues intermedio y final.

- Datos:

$Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h}$  (Caudal CIP)

$t = 10 \text{ mín.} = 0,167 \text{ h}$  (tiempo pre-enjuague sugerido)

$n = 3$  (número de circuitos del sistema)

- Cálculos:

$$V = Q \times t = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,167 \text{ h} = 0,8 \text{ m}^3 \text{ (volumen por circuito)}$$

$$V_t = V \times N = 0,86 \text{ m}^3 \times 3 = 2,58 \text{ m}^3 \text{ (volumen total del sistema)}$$

La capacidad del tanque debe de ser de 2,6 metros cúbicos para poder abastecer los tres circuitos.

El tiempo de enjuague intermedio y final es la mitad del tiempo de pre-enjuague y después de haber drenado el agua de este paso no es necesario ampliar la capacidad de dicho tanque.

- Dimensionamiento del tanque

Se tomará como base para iniciar este cálculo el diámetro del tanque, conocemos que las medidas de una plancha de acero inoxidable son 2,44 metros de largo y 1,22 metros de ancho, se debe de tomar dos planchas en su lado mas largo para completar la circunferencia.

$$L = 2,44 \text{ m} \times 2 = 4,88 \text{ m} \quad \text{Longitud de la plancha}$$

$$L = C = \pi \times \Phi \quad \text{Longitud de la circunferencia}$$

$$\Phi = L / \pi = 4,88 \text{ m} / 3,1416$$

$$\Phi = 1,55 \text{ m} \quad \text{Diámetro del tanque}$$



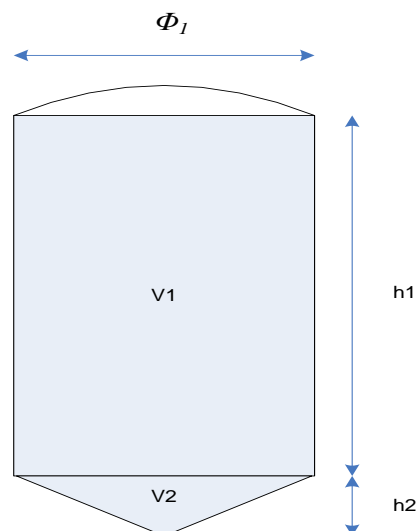
Para poder mantener el calor el tanque debe de ser aislado, por lo que este valor será el diámetro exterior del tanque y el diámetro interior será 1,45 metros, es decir, el aislamiento tendrá un espesor de 5 centímetros.

Datos iniciales:

$$\Phi_1 = 1,45 \text{ m}$$

$$V = 2,58 \text{ m}^3$$

Figura 14. **Tanque pre-enjuague**



Fuente: elaboración propia.

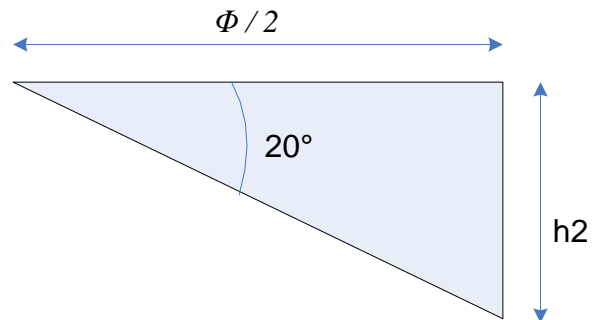
Cálculos para determinar las alturas del cono:

$$V = V1 + V2 = 2,58 \text{ m}^3$$

V = Volumen del cilindro + Volumen del cono

$$V1 + V2 = ((\pi \times \Phi_1^2 \times h1) / 4) + ((\pi \times \Phi_1^2 \times h2) / 12)$$

Figura 15. **Base del tanque de pre-enjuague**



Fuente: elaboración propia.

Altura de la parte cónica

$$h_2 = \Phi_1 / 2 \times \tan 20^\circ$$

$$h_2 = 1,45 \text{ m} / 2 \times \tan 20^\circ$$

$$h_2 = 0,26 \text{ m}$$

Altura de la parte cilíndrica

$$h_1 = 4 \times ((V - \pi \times \Phi_1^2 \times 2/3h) / (\pi \times \Phi_1^2))$$

$$h_1 = 4 \times (2,58 \text{ m} - \pi \times (1,45 \text{ m})^2 \times 0,26 \text{ m} / 12) / (\pi \times (1,45 \text{ m})^2)$$

$$h_1 = 1,48 \text{ m}$$

Resumen:

*Las dimensiones del tanque serán modificadas ligeramente, para mayor facilidad en el trabajo.*

Diámetro exterior: 1,55 m

Diámetro interior: 1,45 m

Altura sección cilíndrica: 1,5 m

Altura sección cónica: 0,25 m

- Diseño mecánico del tanque

En esta sección se analizará el espesor de las planchas a utilizar en la construcción del tanque, y el espesor del tubo de los soportes, para que estas resistan las cargas aplicadas durante el trabajo.

Cálculo del espesor de las planchas.

El tanque estará provisto de un tubo de venteo por lo que en su interior resistirá la presión atmosférica (101 300 Pa) adicionalmente la presión de la columna de agua.

$$p_t = p_o + p_m = p_o + \rho \times g \times h$$

$$p_t = 101\,300 \text{ Pa} + 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,5 \text{ m}$$

$$p_t = 116\,015 \text{ Pa}$$

Utilizaremos la fórmula para tanques de cilindros de paredes delgadas.

$$(\sigma/n) = (p\Phi/2t)$$

En donde:

$\Phi$  =Diámetro;  $\sigma$  =esfuerzo normal;  $n$  =factor de seguridad;  $p$ =presión;

$t$  = espesor

$$t = (np\Phi/2\sigma)$$

$$t = (2 \times 116\,015 \text{ Pa} \times 1,45 \text{ m}) / (2 \times 241 \times 10^6 \text{ Pa})$$

$$t = 0,00069 \text{ m} = 0,7 \text{ mm}$$

El espesor del cilindro del tanque es de 0,7 milímetros

Para homologar el grosor del tanque con las láminas que se encuentran localmente se utilizará un espesor de seis milímetros, esto es recomendable ya que el tanque debe de resistir los cordones de soldadura.

Cálculo del espesor de soportes de apoyo

El tanque será soportado por 4 tubos redondos de 2 ½ pulgadas, espesor de pared cédula 40 (73 milímetros diámetro exterior, 5,2 milímetros espesor de pared).

Peso del agua en el tanque:

$$W_a = V\rho g = 2,58 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = 11\,380 \text{ N}$$

Peso de la estructura metálica del tanque:

Peso de las paredes cilíndricas:

$$W_t = V\rho g = 2 \times 4,88 \text{ m} \times 0,002 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 7\,800 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_t = 4480 \text{ N}$$

Peso de base y parte superior del tanque:

$$W_b = V\rho g = 2 \times \pi \times (1,5 \text{ m})^2 \times 0,002 \text{ m} \times 7\,800 \text{ kg/m}^3$$

$$W_b = 2164 \text{ N}$$

Peso tanque = peso del fluido + peso de la estructura

El peso de la estructura se multiplica por un factor de seguridad de 1,1 por el peso de los accesorios.

$$W_{\text{tanque}} = W_a + 1,1 \times (W_t + W_b)$$

$$W_{\text{tanque}} = 11\,380 \text{ N} + 1,1(4\,480 \text{ N} + 2\,164 \text{ N})$$

$$W_{\text{tanque}} = 18\,688 \text{ N}$$

La presión total se acumula en cuatro soportes, se considera una columna corta con el fin de la facilidad de los cálculos.

Para calcular el esfuerzo, utilizaremos el peso del tanque y el área de contacto.

$$\sigma = (W_{\text{tanque}} / 4) / (\text{Área} / 4)$$

$$\sigma = (18\,688 \text{ N} / 4) / (3,1416(0,073^2 - 0,0626^2) \text{ m}^2 / 4)$$

$$\sigma = 4\,218\,120 \text{ Pa}$$

Cálculo de la razón de esbeltez para determinar tipo de columna:

$$Sr = 1 / k = 0,6 \text{ m} / 0,0315 \text{ m}$$

$$Sr = 19$$

El valor de esbeltez obtenido anteriormente es mayor a 10, por lo tanto es una columna intermedia, al ser el factor de seguridad tan elevado podemos decir que los soportes de apoyo con dicho tubo es válido para resistir las cargas aplicadas.

### **3.2.2. Sistema de calentamiento**

En el paso de pre-enjuague el agua debe de estar a una temperatura de 60 grados centígrados. Para lograr esta temperatura indicada utilizaremos un serpentín que se encontrará ubicado adentro del tanque.

El tanque tendrá un serpentín de vapor hecho de acero inoxidable de 12 milímetros de diámetro, al cual ingresará vapor a 100 libras por pulgada cuadrada.

La temperatura será controlada por un RTD PT100 (un sensor de temperatura).

También se plantea colocar un intercambiador de calor tubular externo para calentar únicamente el fluido a utilizar.

Cálculo de la capacidad de vapor saturado para el tanque de pre-enjuague:

Este sistema se considerará sin pérdidas de energía por calor, radiación, convección ni condición al ambiente (proceso adiabático).

Resumen inicial de datos:

$V = 2,58 \text{ m}^3$	Volumen del tanque completamente lleno
$T_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura promedio
$T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	Temperatura ambiente de noche
$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$	Densidad del agua

Para encontrar las propiedades termo-físicas del agua determinaremos la temperatura promedio en el proceso.

$$t = (t_1 + t_2) / 2$$

$$t = (60 + 20) / 2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 313 \text{ }^\circ\text{K}$$

Luego calcularemos la energía calorífica necesaria para elevar la temperatura del volumen del tanque a 60 grados centígrados

$$C_p = \text{Calor másico del agua} = 4,179 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K}$$

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 313 \text{ }^\circ\text{K}$$

La masa total de agua a calentar sería:

$$m = \rho \times V = 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 2,58 \text{ m}^3$$

$$m = 2\,580 \text{ kg}$$

Ahora se calcula la energía calorífica:

$$Q = m \times C_p \times \Delta t$$

$$Q = 2\,580 \text{ Kg} \times 4,179 \text{ Kj/Kg}^\circ\text{K} \times 313^\circ\text{K}$$

$$Q = 3\,738\,341 \text{ Kj}$$

El caudal utilizado con los tres sistemas al mismo tiempo:

$$m = \rho \times V = 1\,000 \text{ Kg / m}^3 \times 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 3/3\,600 \text{ s / h} =$$

$$m = 4,5 \text{ Kg/s}$$

Potencia del intercambiador de calor tubular:

$$p = m \times C_p \times \Delta t = 4,5 \text{ Kg/s} \times 4,179 \text{ kj/Kg}^\circ\text{K} \times 313^\circ\text{K}$$

$$p = 5\,886 \text{ W}$$

Según datos obtenidos se puede determinar que el intercambiador mas adecuado es el MF 135.



Figura 16. **Calentador tubular AISI 316 MF135**



**INTERCAMBIADORES DE CALOR  
TUBULARES EN INOX. AISI 316.**

Fabricados en acero inoxidable AISI 316  
Para instalaciones con colectores solares o calderas.  
Pueden utilizarse también para frío.

Modelo	Potencia (*)	Ref.	Código
MF 135	34.000 Kcal/h	11365	1103315
MF 200	51.000 Kcal/h	11366	1103316
MF 260	65.000 Kcal/h	11367	1103317
MF 400	103.000 Kcal/h	11368	1103318

Modelo	Potencia		C. Primario		C. Secundario		Superficie
	Kw	Kcal/h	l/min	m.c.a.	l/min	m.c.a.	Intercambio
MF135	40	34 000	25	0,3	200	0,8	0,3
MF200	60	51 000	35	0,5	250	1,4	0,45
MF260	75	65 000	35	0,7	300	1,8	0,6
MF400	120	100 000	50	1,9	360	2,4	1,1

Fuente: [www.baeza-sa.com/db/eventos/dbFiles/156.pdf](http://www.baeza-sa.com/db/eventos/dbFiles/156.pdf). Consultada el 5 diciembre 2010.

### 3.2.3. Elementos de control

Cada proceso debe de ser controlado automáticamente, se utilizarán elementos de control eléctrico y electrónico.

La tensión utilizada será de 24 voltios de corriente continua.

Se utilizarán los siguientes elementos de control:

- Válvula neumática de tipo sanitario

Se debe de contar con una válvula de control de paso del flujo de agua de pre-enjuague, lo más recomendable en estos sistemas es una válvula tipo sanitario controlada por un actuador neumático.

Esta válvula debe tener las siguientes características:

- Debe resistir una presión de columna de agua de 1,5 metros.
  - Debe resistir temperaturas de 60 grados centígrados.
  - Debe de ser normalmente cerrada para evitar mezcla de otro químico en el caso de perdida de presión de aire en la planta.
  - Debe de ser con unión tri-clamp para tubería de 38 milímetros.
  - El actuador neumático se deberá ser controlado por una electro-válvula neumática 3/2 de 24 voltios.
  - La electro-válvula estará comandada por un PLC (computadora industrial) para su cierre y abertura.
- Detector de nivel

Se utilizará un detector de nivel capacitivo, este trabaja al variar su capacidad al entrar en contacto los electrodos con el agua.

Este detector de nivel debe tener las siguientes características:

- Debe resistir 1,5 metros de columna de agua.
- Debe resistir una temperatura de 60 grados centígrados.

- Debe de tener una rosca NPT, de acero inoxidable tipo alimenticio.
- Voltaje de 24 voltios.
- Controlador de temperatura

El controlador de temperatura debe trabajar con un detector de temperatura resistivo (RTD por sus siglas en inglés), para poder percibir las temperaturas, el valor es presentado en una pantalla y al mismo tiempo debe de enviar una señal a una válvula solenoide que permite la entrada de vapor al intercambiador tubular.

Para este sistema se utilizará un RTD PT100 (RTD de platino con resistencia de 100 ohmios a 0 grados centígrados) este al aumentar su temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

La ventaja de utilizar un detector de temperatura resistivo contra una termocopla es que el RTD no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, cuando presenta un desperfecto automáticamente se abre y señala la falla del sensor.

Un PT100 es un tipo particular de RTD. Normalmente las termocoplas PT100 industriales se encuentran encasadas de la misma forma que las termocoplas, en otras palabras, dentro de un tubo de acero inoxidable, en un extremo se encuentra el elemento sensible y en el otro está la terminal eléctrica protegido en una caja redonda de aluminio, llamada cabezal.

Otra de las ventajas del PT100, son sus aplicaciones en temperaturas bajas, de 100 a 200 grados centígrados aproximadamente.

Esta termo copla también puede ser colocada a cierta distancia del medidor (aproximadamente 30 metros) con cable de cobre convencional.

El sensor debe tener una conexión de 1 pulgada NPT-F como máximo.

### **3.3. Diseño de etapa de limpieza con soda cáustica**

Esta etapa consiste de un tanque de almacenamiento para solución de soda cáustica al 3 por ciento al cual ingresa agua a temperatura ambiente.

La solución de soda cáustica utilizada en esta etapa se recuperará y almacenará para ser reutilizada.

La temperatura máxima del tanque será de 80 grados centígrados.

Este ciclo será de 10 minutos, este tiempo es suficiente para evacuar los restos de cerveza e incrustaciones en la tubería (*biofilm*) que no pudieron ser evacuadas por el agua en la etapa anterior, con este ciclo se matan la gran mayoría de microorganismos.

#### **3.3.1. Tanque de almacenamiento de soda cáustica**

Para poder diseñar este tanque se necesita recabar cierta información.

- Capacidad del tanque de almacenamiento de soda cáustica

El volumen del tanque depende del caudal que se maneja y del tiempo de limpieza con soda.

- Datos:

$$Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal CIP)}$$

$$t = 10 \text{ mín.} = 0,167 \text{ h (tiempo circulación con solución de soda sugerido)}$$

$$n = 3 \text{ (número de circuitos del sistema)}$$

- Cálculos:

$$V = Q \times t = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,167 \text{ h} = 0,8 \text{ m}^3 \text{ (volumen por circuito)}$$

$$V_t = V \times N = 0,86 \text{ m}^3 \times 3 = 2,58 \text{ m}^3 \text{ (volumen total del sistema)}$$

La capacidad del tanque debe de ser de 2,6 metros cúbicos para poder abastecer los tres circuitos.

- Dimensionamiento del tanque

Se tomará como base para iniciar el cálculo el diámetro del tanque, conocemos que las medidas de una plancha de acero inoxidable son 2,44 metros de largo por 1,22 metros de ancho, se debe de tomar dos planchas en su lado mas largo para completar la circunferencia.

$$L = 2,44 \text{ m} \times 2 = 4,88 \text{ m} \quad \text{Longitud de la plancha}$$

$$L = C = \pi \times \Phi \quad \text{Longitud de la circunferencia}$$

$$\Phi = L / \pi = 4,88 \text{ m} / 3,1416$$

$$\Phi = 1,55 \text{ m} \quad \text{Diámetro del tanque}$$

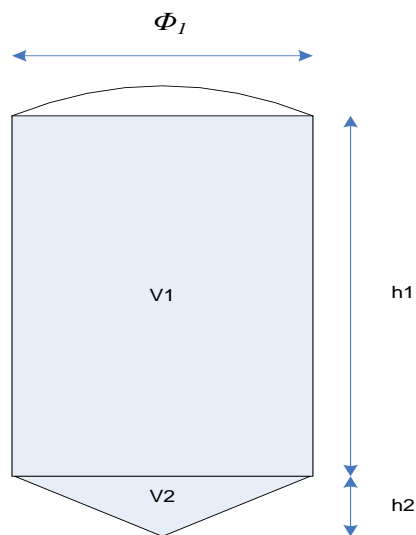
Para poder mantener el calor el tanque debe de ser aislado, por lo que este valor será el diámetro exterior del tanque y el diámetro interior será 1,45 metros es decir, el aislamiento tendrá un espesor de 5 centímetros.

Datos iniciales:

$$\Phi_1 = 1,45 \text{ m}$$

$$V = 2,58 \text{ m}^3$$

Figura 17. **Tanque almacenamiento de soda**



Fuente: elaboración propia.

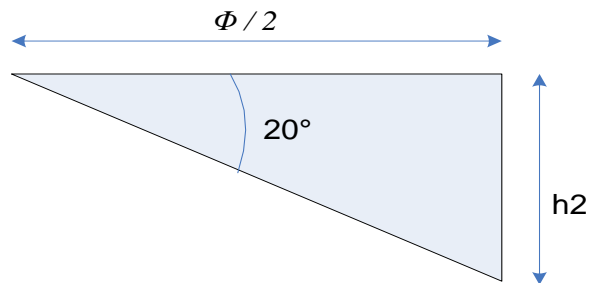
Cálculos para determinar las alturas del cono:

$$V = V_1 + V_2 = 2,58 \text{ m}^3$$

$V = \text{Volumen del cilindro} + \text{Volumen del cono}$

$$V1 + V2 = ((\pi \times \Phi_1^2 \times h1) / 4) + ((\pi \times \Phi_1^2 \times h2) / 12)$$

Figura 18. **Base del tanque de almacenamiento de soda**



Fuente: elaboración propia.

Altura de la parte cónica

$$h2 = \Phi_1 / 2 \times \tan 20^\circ$$

$$h2 = 1,45 \text{ m} / 2 \times \tan 20^\circ$$

$$h2 = 0,26 \text{ m}$$

Altura de la parte cilíndrica

$$h1 = 4 \times ((V - \pi \times \Phi_1^2 \times 2/3h) / (\pi \times \Phi_1^2))$$

$$h1 = 4 \times (2,58 \text{ m} - \pi \times (1,45 \text{ m})^2 \times 0,26 \text{ m} / 12) / (\pi \times (1,45 \text{ m})^2)$$

$$h1 = 1,48 \text{ m}$$

Resumen:

Las dimensiones del tanque serán modificadas ligeramente, para mayor facilidad del diseño.

Diámetro exterior: 1,55 m

Diámetro interior: 1,45 m

Altura sección cilíndrica: 1,5 m

Altura sección cónica: 0,25 m

- Diseño mecánico del tanque

Se analizará el espesor de las planchas a utilizar en la construcción del tanque, y el espesor del tubo de los soportes, para que estas resistan las cargas aplicadas durante el trabajo.

Cálculo del espesor de las planchas

El tanque estará provisto de un tubo de venteo por lo que en su interior resistirá la presión atmosférica (101 300 Pa) adicionalmente la presión de la columna de agua.

$$p_t = p_o + p_m = p_o + \rho \times g \times h$$

$$p_t = 101\,300 \text{ Pa} + 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,5 \text{ m}$$



$$p_t = 116\,015 \text{ Pa}$$

Utilizaremos la fórmula para tanques de cilindros de paredes delgadas.

$$(\sigma / n) = (p\Phi / 2t)$$

En donde:

$\Phi$  =Diámetro;  $\sigma$  =Esfuerzo normal;  $n$  =factor de seguridad;  $p$ =presión;  
 $t$ = espesor

$$t = (np\Phi / 2\sigma)$$

$$t = (2 \times 116\,015 \text{ Pa} \times 1,45 \text{ m}) / (2 \times 241 \times 10^6 \text{ Pa})$$

$$t = 0,00069 \text{ m} = 0,7 \text{ mm}$$

El espesor del cilindro del tanque es de 0,7 milímetros.

Para homologar el grosor del tanque con las láminas que se encuentran localmente se utilizará un espesor de 2 milímetros, esto es recomendable ya que el tanque debe de resistir los cordones de soldadura.

#### Cálculo del espesor de soportes de apoyo

El tanque será soportado por 4 tubos redondos de 2 ½ pulgadas cedula 40 (73 milímetros de diámetro exterior, 5,2 milímetros de espesor de pared).

Las únicas cargas serán el peso del agua acumulada en el tanque y el peso de este.

Peso del agua en el tanque:

$$W_a = V\rho g = 2,58 \text{ m}^3 \times 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_a = 11\,380 \text{ N}$$

Peso de la estructura metálica del tanque:

Peso de las paredes cilíndricas:

$$W_t = V\rho g = 2 \times 4,88 \text{ m} \times 0,002 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 7\,800 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_t = 4\,480 \text{ N}$$

Peso de base y parte superior del tanque:

$$W_b = V\rho g = 2 \times \pi \times (1,5 \text{ m})^2 \times 0,002 \text{ m} \times 7\,800 \text{ kg/m}^3$$

$$W_b = 2\,164 \text{ N}$$

Peso tanque = fluido + estructura

El peso de la estructura se multiplica por un factor de seguridad de 1,1 por el peso de los accesorios.

$$W_{\text{tanque}} = W_a + 1,1 \times (W_t + W_b)$$

$$W_{\text{tanque}} = 11\,380 \text{ N} + 1,1(4\,480 \text{ N} + 2\,164 \text{ N})$$

$$W_{\text{tanque}} = 18\,688 \text{ N}$$

La presión total se acumula en 4 soportes, se considera una columna corta con el fin de la facilidad de los cálculos.

Para calcular el esfuerzo, utilizaremos el peso del tanque y el área de contacto.

Cálculo de la razón de esbeltez para determinar tipo de columna:

$$Sr = 1 / k = 0,6 \text{ m} / 0,0315 \text{ m}$$

$$Sr = 19$$

El valor de esbeltez obtenido anteriormente es mayor a 10, por lo tanto es una columna intermedia, al ser el factor de seguridad tan elevado podemos decir que los soportes de apoyo con dicho tubo es válido para resistir las cargas aplicadas.

### **3.3.2. Sistema de calentamiento**

La solución de soda debe de encontrarse a una temperatura de 80 grados centígrados.

Para lograr esta temperatura indicada se utilizará un serpentín que se encontrará ubicado adentro del tanque.

El tanque tendrá un serpentín de vapor hecho de acero inoxidable de 12 milímetros de diámetro, al cual ingresará vapor a 100 libras por pulgada cuadrada.

La temperatura será controlada por un RTD PT100 (un sensor de temperatura).

### 3.3.3. Bomba para dosificación de soda cáustica

Para seguridad del operador, evitando algún tipo de accidente o quemadura, se dosificará la soda concentrada al tanque con agua, esta mezcla será realizada por una bomba dosificadora.

Esta bomba recibirá una señal de un sensor de conductividad para que arranque cuando la concentración de soda se encuentre en un nivel inferior al programado.

La bomba de dosificación deberá vencer una presión de 4 bares (presión de salida) y un caudal de 2 litros por hora.

De la tabla 4 se puede escoger una bomba que cumpla con los requerimientos del sistema.

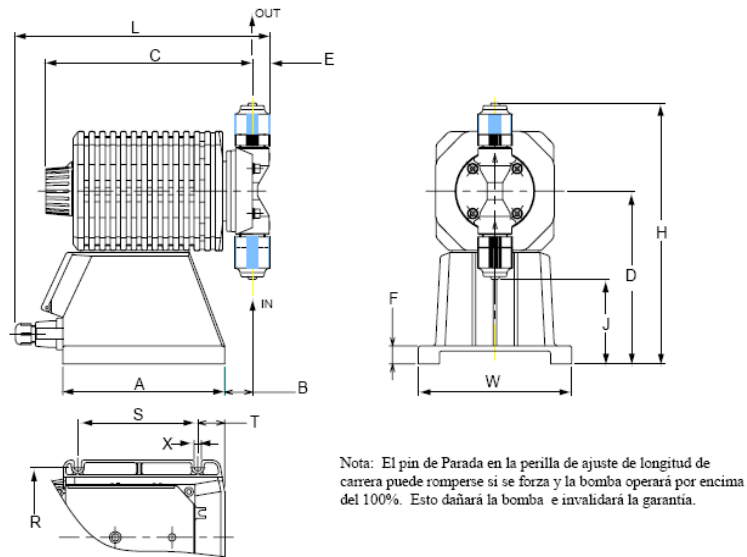
Tabla IV. **Capacidad de una bomba dosificadora**

Tamaño	CAPACIDAD DE SALIDA				SALIDA POR CARRERA		PRESIÓN MÁXIMA	
	(GPH)		(mL/min)		(mL)		(PSI)	(Mpa)
	min	max	min	max	min	max		
E30	0,003	5,5	0,189	340	0,189	0,94	150	1,0
E35	0,004	8,5	0,289	520	0,289	1,44	105	0,7
E45	0,006	12,0	0,417	750	0,417	2,08	60	0,4
E55	0,011	20,0	0,694	1250	0,694	3,47	30	0,2

Fuente: <http://www.aguaquim.cl/EHEmanualespanish.pdf>. Consultada el 4 enero 2011.

Se sugiere utilizar la bomba dosificadora E35, con las siguientes dimensiones (ver figura 18 y tabla V).

Figura 19. Bomba dosificadora de soda, marca WALCHEM



Fuente: <http://www.aguaquim.cl/EHManualspanish.pdf>. Consultada el 4 enero 2011.

Tabla V. Dimensiones bomba dosificadora de soda

Modelo					A	B	C	D	E	F	H	J	L	W
EHE	30	E1	VC	VE	6,06	1,04	7,76	6,42	0,65	0,67	9,69	3,15	9,53	5,75
		E2	PC	PE										
			FC	VF										
EHE	45	E1	VC	VE	6,06	1,14	7,83	6,42	0,75	0,67	10,00	2,80	9,72	5,75
		E2	PC	PE										
			FC	VF										
EHE	55	E1	VC	VE	6,06	1,42	8,13	6,42	0,85	0,67	10,45	2,38	10,12	5,75
		E2	PC	PE										
			FC	VF										
EHE	55	E1	VC	VE	6,06	1,42	8,13	6,42	0,91	0,67	10,45	2,38	10,17	5,75
		E2	PC	PE										
			FC	VF										

Fuente: <http://www.aguaquim.cl/EHManualspanish.pdf>. Consultada el 10 enero 2011.

### **3.3.4. Elementos de control**

Para poder controlar cada uno de los procesos del sistema se utilizarán elementos de control eléctricos y electrónicos, a una tensión de 24 voltios en corriente continua.

En esta etapa de limpieza con solución de soda cáustica se utilizarán los mismos elementos de control de la etapa de pre-enjuague, ya que las condiciones son las mismas.

Una diferencia es la abrasividad de la soda cáustica, pero como las superficies de contacto son de acero inoxidable AISI 304 estas son muy resistentes a la corrosión por lo cual no existe ningún problema.

Se utilizará un sensor de conductividad para determinar la concentración de soda en el tanque. El sensor de conductividad tendrá un rango de 0 a 1 000 microsiemens y una salida de 4 a 20 miliamperios.

Ya que el PLC solo recibe señales digitales se utilizará un convertidor analógico digital, para convertir la señal de 4 a 20 miliamperios en una señal decimal.

El convertidor tendrá dos salidas, una va a la entrada del PLC esta abre el contacto y no deja que inicie el CIP sin la concentración adecuada de soda y la otra va a un contactor para que arranque la bomba de soda.

### **3.4. Diseño de etapa de enjuague intermedio**

Esta etapa es constituida por un tanque de almacenamiento. A este tanque ingresa agua a temperatura ambiente.

El agua utilizada en esta etapa es reutilizable, se transfiere al tanque de pre-enjuague.

La duración de este ciclo es de 5 minutos, es el tiempo necesario para eliminar los residuos de soda, enfriar el sistema y bajar el PH.

#### **3.4.1. Tanque de almacenamiento de agua**

Para diseñar este tanque de almacenamiento de agua se tendrá que obtener cierta información.

- Capacidad del tanque de almacenamiento de agua

El volumen de este tanque va a depender del caudal y tiempo de circulación del enjuague intermedio.

- Datos:

$Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h}$  (Caudal CIP)

$t = 5 \text{ mín.} = 0,083 \text{ h}$  (Tiempo de enjuague intermedio sugerido)

$n = 3$  (Número de circuitos del sistema)

- Cálculos:

$$V = Q \times t = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,083 \text{ h} = 0,4233 \text{ m}^3 \text{ (Volumen por circuito)}$$

$$V_t = V \times N = 0,4233 \text{ m}^3 \times 3 = 1,26 \text{ m}^3 \text{ (Volumen total del sistema)}$$

La capacidad total debe de ser de 1,26 metros cúbicos para poder abastecer los tres circuitos al mismo tiempo y no tener que realizar otra reposición para el enjuague final. Ya que esta agua es transferida al tanque de pre-enjuague se duplicará el valor, es decir, que la capacidad final del tanque será de 2,52 metros cúbicos.

Este tanque tiene la misma capacidad del tanque de pre-enjuague (ver sección 3.2.1). La única diferencia es que por tratarse de agua a una temperatura ambiente no tendrá aislamiento, por lo cual será de un diámetro interior de 1,45 metros.

### **3.4.2. Elementos de control**

En esta etapa se utilizarán los mismos elementos de control de la sección 3.2.3, ya que las condiciones de trabajo son las mismas, con la única diferencia que no habrá elementos de control para la temperatura por tratarse de temperatura ambiente.

### **3.5. Diseño de etapa de limpieza con ácido**

Esta etapa es constituida por un tanque de almacenamiento. En el se encontrará una solución de ácido nítrico al 1,5 por ciento. Primero ingresará el agua a temperatura ambiente, y el ácido nítrico será dosificado por medio de una bomba dosificadora.



El ácido utilizado en esta etapa es reutilizable y será almacenado en el mismo tanque.

La temperatura final del tanque debe de ser 80 grados centígrados. La duración de este ciclo es de 10 minutos, tiempo necesario para la evacuación de las incrustaciones salinas que no pudieron ser desplazadas por la soda en la limpieza anterior, adicionalmente se matan todos los microorganismos rezagados y se logra neutralizar el PH del equipo.

### **3.5.1. Tanque de almacenamiento ácido**

Se necesita obtener cierta información para poder realizar el diseño del tanque de almacenamiento de solución ácida.

- Capacidad del tanque de almacenamiento de solución de ácido nítrico

El volumen del tanque depende del caudal a manejar y del tiempo de limpieza con solución de ácido.

- Datos:

$$Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal CIP)}$$

$$t = 10 \text{ mín.} = 0,167 \text{ h} \text{ (tiempo circulación con solución de soda sugerido)}$$

$$n = 3 \text{ (número de circuitos del sistema)}$$

- Cálculos:

$$V = Q \times t = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,167 \text{ h} = 0,8 \text{ m}^3 \text{ (volumen por circuito)}$$

$$V_t = V \times N = 0,86 \text{ m}^3 \times 3 = 2,58 \text{ m}^3 \text{ (volumen total del sistema)}$$

La capacidad del tanque debe de ser de 2,6 metros cúbicos para poder abastecer los tres circuitos.

Los requerimientos de este tanque son los mismos que la sección 3.3.1, por lo cual se utilizarán las mismas medidas y valores para el tanque de almacenamiento de solución de ácido nítrico.

### **3.5.2. Sistema de calentamiento**

La solución de ácido debe estar a una temperatura de 80 grados centígrados. Por lo cual el tanque tendrá un intercambiador de vapor hecho en acero inoxidable de 12 milímetros al cual ingresará vapor a 100 libras por pulgada cuadrada.

La temperatura será controlada por un detector de temperatura de tipo resistivo, RTD PT100.

### **3.5.3. Bomba de dosificación de ácido**

Previendo que el operador pueda tener algún tipo de accidente o quemadura, la dosificación de ácido nítrico concentrado al tanque con agua se realizará con una bomba dosificadora.

Esta bomba recibirá la señal del sensor de conductividad para arranque si la concentración esta a un nivel inferior al programado.

La bomba dosificadora debe de vencer una presión de 4 bares y un caudal de 2 litros por hora.

Al observar que estos valores son los mismos que los valores de la sección 3.3.3 se utilizarán los resultados y equipos obtenidos en dicha sección.

#### **3.5.4. Elementos de control**

Cada uno de los diferentes procesos del sistema debe de ser controlados y medidos de manera automática, con este fin se utilizarán elementos de control eléctricos y electrónicos con una tensión de 24 voltios con corriente continua.

En esta etapa de circulación de ácido nítrico se utilizarán los mismos elementos de control de la sección 3.3.3 (sección de solución de soda) ya que las condiciones de trabajo son las mismas con la diferencia que la solución de contacto es una solución de ácido nítrico al 1,5 por ciento. El ácido nítrico es bastante abrasivo pero los sensores están hechos de acero AISI 304 por lo cual no existe ningún inconveniente.

#### **3.6. Diseño de etapa de enjuague final**

Esta etapa es constituida por un tanque de almacenamiento al cual ingresará agua a temperatura ambiente, el agua en esta etapa es reutilizable pero es transferida hasta el tanque de pre-enjuague.

Por tratarse de agua a temperatura ambiente no habrá ningún dispositivo para control de temperatura.

La duración de este ciclo es de 5 minutos, tiempo necesario para eliminar los residuos de ácido, enfriar el sistema y nivelar el PH del equipo.

En esta etapa se utilizará el mismo tanque de la etapa de enjuague intermedio.

### 3.6.1. Tanque de almacenamiento de agua

Como se utilizará el mismo tanque de almacenamiento de agua para el enjuague intermedio, es necesario que se mantengan las mismas condiciones iniciales de trabajo.

- Datos:

$$Q = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal CIP)}$$

$$t = 5 \text{ mín.} = 0,083 \text{ h} \text{ (Tiempo de enjuague intermedio sugerido)}$$

$$n = 3 \text{ (Número de circuitos del sistema)}$$

- Cálculos:

$$V = Q \times t = 5,1 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,083 \text{ h} = 0,4233 \text{ m}^3 \text{ (Volumen por circuito)}$$

$$V_t = V \times N = 0,4233 \text{ m}^3 \times 3 = 1,26 \text{ m}^3 \text{ (Volumen total del sistema)}$$

La capacidad total debe de ser de 1,26 metros cúbicos como se utilizará el mismo tanque para el enjuague final e intermedio, ya que esta agua es transferida hasta el tanque de pre-enjuague se duplicará este valor, es decir, que la capacidad final del tanque será de 2,52 metros cúbicos. Este valor ya fue obtenido en la sección 3.4.1.

### **3.6.2. Elementos de control**

En esta etapa se utilizarán los mismos elementos de control de la sección 3.2.3, ya que las condiciones de trabajo son las mismas, con la única diferencia que no habrá elementos de control para la temperatura por tratarse de temperatura ambiente.

### **3.7. Bomba de mando de CIP**

Para poder seleccionar una bomba de mando de CIP es necesario considerar las siguientes condiciones iniciales:

- El caudal a manejar durante el proceso es de 5,1 metros cúbicos por hora.
- Los líquidos a utilizar son agua, solución de soda cáustica al 2 por ciento y solución de ácido nítrico al 1,5 por ciento.
- Debe de ser una bomba centrífuga por la baja viscosidad de los fluidos.

Con estos datos se puede realizar el cálculo de la caída de presión en tuberías y accesorios.

- Caída de presión en un tramo horizontal

Suponemos las siguientes condiciones:

- Flujo turbulento.
- Flujo de estado estable.
- Flujo incomprensible.
- Flujo completamente desarrollado.
- Sección transversal constante.

- Tubería al mismo nivel.

De la ecuación de Bernoulli tenemos:

$$(P_2 + (\rho v_2^2/2) + \rho g z_3) + (P_1 + (\rho v_1^2/2) + \rho g z_1) = h_1$$

Como:

$$A_1 = A_2 \text{ y } v_1 = v_2 \text{ y } z_1 = z_2$$

Se simplifica la ecuación de Bernoulli:

$$p_2 - p_1 = h_1 \text{ entonces } \Delta p = h_1$$

Por lo tanto  $h_1$  = Son las pérdidas mayores en el tramo horizontal.

$$h_1 = (f l p v^2) / (2 \Phi)$$

Se calcula el número de Reynolds para poder determinar el tipo del flujo:

$$Re = (\rho v \Phi) / \mu$$

$$Re = (1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 1,5 \text{ m/s} \times 0,038 \text{ m}) / (8 \times 10^{-4} \text{ Ns/m}^2)$$

$Re = 71\,250 \geq 4\,000$  entonces es un flujo turbulento.

La rugosidad relativa de este material es 0,0015

El factor de fricción es  $f = 0,022$

Reemplazando todos los valores obtenidos:

$$h_1 = (f l \rho v^2) / (2\Phi)$$

$$h_1 = (0,022 \times L \times 1\,000 \text{ kg/m}^3 \times 1,5^2 \text{ m}^2/\text{s}^2) / (2 \times 0,038 \text{ m})$$

$$h_1 = 651 \text{ LPa/m}$$

- Caída de presión en un tramo vertical

En un tramo de posición vertical la presión esta determinada por una columna de agua, suponemos:

- Flujo turbulento.
- Flujo de estado estable.
- Flujo incompresible.
- Flujo completamente desarrollado.
- Sección transversal constante.
- Pérdidas por fricción despreciables.

De la ecuación de Bernoulli obtenemos:

$$p_2 - p_1 = \rho g(z_2 - z_1) \text{ entonces } \Delta p = \rho g \Delta z$$

Donde  $\Delta z = h$  es la altura de la columna de agua.

$$\Delta p = 1\,000 \times 9,81 \times \Delta z = 9\,810 \text{ hPa/m}$$

- Caída de presión por accesorios

Los valores de pérdidas menores en accesorios están determinados por el coeficiente de resistencia  $K_L$  (este coeficiente es adimensional y depende del tipo de accesorio). Este coeficiente depende tanto del tamaño del accesorio como de la velocidad del fluido.

Se detallan a continuación:

Tabla VI. **Pérdidas menores en tuberías (accesorios)**

	$L_c$	$V$ (m/s)	$\Delta P$ (pa)
Codos 90°	1,68	1,5	818,5
Codos 180°	3,35	1,5	1 637
Tee en línea	3,08	1,5	1 500
Tee derivada	3,35	1,5	1 637
Válvula cheque	4,62	1,5	2 250
Válvula cheque	4,62	1,5	2 250
Rociador	NA	NA	70 000

Fuente: [www.aguaquim.cl](http://www.aguaquim.cl). Consultada el 31 enero 2011.

La bomba a utilizar es centrífuga, debido a que los fluidos en contacto, agua, solución de soda y solución de ácido, son de viscosidad baja.

El caudal a manejar es de 5,1 metros cúbicos por hora.

Se analizará el tanque de almacenamiento de cerveza, se detalla en la tabla 7 la caída de presión en la tubería y accesorios de la red.



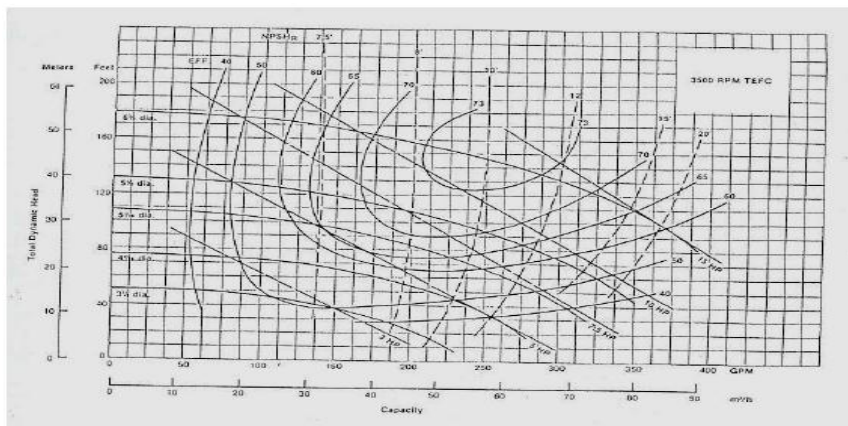
Tabla VII. **Caída de presión a tanque almacenamiento cerveza**

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	$\Delta P$ (Pa)	$\Delta P$ (mH <sub>2</sub> O)
Tubería horizontal	25	m	12 900	1,31
Tubería Vertical	10	m	98 100	10
Codo 180	1	un	3 264	0,33
Codo 90	8	un	6 548	0,67
Válvula	1	un	2 250	0,23
Válvula de retención (Cheque)	1	un	2 250	0,23
Tee	1	un	1 500	0,15
Rociador	1	un	70 000	7,14
<b>Total</b>			<b>196 812</b>	<b>20,06</b>

Fuente: elaboración propia.

De la figura 19 se puede determinar que la bomba a instalar es de 5 caballos de fuerza de potencia, con 3 500 revoluciones por minuto.

Figura 20. **Curva de trabajo de bomba centrífuga a instalar**



Fuente: [www.fyla.net/fyla/catalogo\\_bombas.pdf](http://www.fyla.net/fyla/catalogo_bombas.pdf). Consultada el 31 enero 2011.

### 3.8. Bomba de retorno de CIP

Se debe de seleccionar una bomba de retorno de CIP, por lo cual es necesario consultar los datos geométricos de distribución del salón de embotellado.

La bomba a utilizar será centrífuga ya que los fluidos en contacto son de viscosidad baja.

El caudal del sistema es de 5,1 metros cúbicos por hora.

En la tabla 8 se detalla la caída de presión en la tubería y accesorios de este sistema.

Tabla VIII. Caída de presión retorno de tanque almacenamiento cerveza

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	$\Delta P$ (Pa)	$\Delta P$ (mH <sub>2</sub> O)
Tubería horizontal	25	m	12 900	1,31
Tubería Vertical	6	m	58 860	6
Tee	8	un	12 000	1,22
Codo 90°	5	un	4 092,5	0,42
Válvula	3	un	6 750	0,69
Válvula de retención (Cheque)	1	un	2 250	0,23
<b>Total</b>			<b>96 853</b>	<b>9,87</b>

Fuente: elaboración propia.

De la figura 19 y de la tabla 9 se puede determinar que la bomba a instalar es de 5 caballos de fuerza de potencia con 3 500 revoluciones por minuto.

### 3.9. Diseño de tuberías

El sistema de limpieza en sitio CIP debe de ser un proceso completamente inocuo y aséptico.

Con este fin se selecciona tubería sanitaria de acero inoxidable AISI 304. Este tipo de acero inoxidable es un acero de bajo contenido de carbono, brinda altas propiedades mecánicas, además tiene alta resistencia a la corrosión intergranular producida por las soluciones ácidas y soda a altas temperaturas, el acabado es semiabrillantado.

En la tabla 9 se pueden encontrar los datos técnicos de este tipo de acero.

Tabla IX. **Datos técnicos acero inoxidable AISI 304**

#### **ACERO INOXIDABLE AISI 304 Fe/Cr18/Ni10**

##### **Propiedades Eléctricas**

Resistividad Eléctrica (  $\mu\text{Ohmcm}$  ) 70-72

##### **Propiedades Físicas**

Densidad (  $\text{g cm}^{-3}$  ) 7,93  
1 400-1

Punto de Fusión ( C ) 455

##### **Propiedades Mecánicas**

Alargamiento ( % ) <60  
Dureza Brinell 160-190  
Impacto Izod (  $\text{J m}^{-1}$  ) 20-136  
Módulo de Elasticidad ( GPa ) 190-210  
Resistencia a la Tracción ( MPa ) 460-1 100

##### **Propiedades Térmicas**

Coefficiente de Expansión Térmica @20-100 C (  $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$  ) 18  
Conductividad Térmica a 23 C (  $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$  ) 16,3

Fuente: [www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html](http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-304.html). Consultada el 15 febrero 2011.

La tubería seleccionada es de 38 milímetros, de igual forma las uniones a lo largo de la tubería y en accesorios (codos, tees, válvulas, filtros) deben de ser tipo clamp.

El proceso para soldar este tipo de tubería es TIG, con barrido interno para evitar la corrosión a altas temperaturas, esto se logra llenando de argón el interior de la tubería y sellando los extremos.

### **3.10. Selección de PLC**

El sistema en diseño tiene tres circuitos, se dosificarán tres tipos de fluidos, agua, solución de soda y solución de ácido, en etapas diferentes, cada una con un tiempo de recirculación ya definido.

Se deben monitorear las temperaturas, las concentraciones y los niveles de los tanques en función.

Para este fin se utilizará un PLC marca Micrologix 1 500, con un módulo de comunicación de Ethernet y los paneles de operación del usuario.

En la tabla 10 se detallan las características de este PLC.

Tabla X. **Características PLC Micrologix 1500**

Item	Descripción	Cantidad
1	Ocho canales analogos con voltaje de entrada al módulo	1
2	Base Micrologix de 24 V DC, in/ralay, out/ac poder	1
3	16 puntos Vac / Vdc, relay output modulo	2
4	16 puntos Vac / Vdc, relay output modulo	3
5	Unidad procesador Micrologix 1 500RS-232	1
6	Cable Micrologix 1 000 para computadora	1
7	Cable Micrologix 1 000 para programador Hand Held	1
8	Resistencia de 6 canales RTD input module	1
9	Interface Ethernet para Micrologix	3
10	Panel view blanco y negro	2
11	Panel View a color	1
12	Programa RSView32 Runtime 300w/Rslinx	1

Fuente: [www.infopl.net](http://www.infopl.net). Consultada el 28 febrero 2011.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

### 4.1. Costos de construcción e instalación

Para poder determinar los costos de construcción e instalación se tomarán en cuenta todos los recursos y materiales que se utilizarán para la instalación del sistema de limpieza CIP, diseñado en la planta. Los costos mencionados en este apartado tienen incluido el impuesto al valor agregado (IVA).

En la tabla 11 se muestra en una lista los elementos utilizados en la instalación del sistema CIP, también se detalla la cantidad y costo de cada ítem.

Tabla XI. Costos de construcción e instalación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 Tanque CIP pared simple	1	Q29 760,00	Q29 760,00
2 Tanque CIP pared doble	3	Q45 120,00	Q135 360,00
3 Intercambiadores de calor	3	Q8 640,00	Q25 920,00
4 Tubo acero inoxidable de 38mm	14	Q1 036,80	Q14 515,20
5 Tubo de acero inoxidable de 50mm	46	Q1 123,20	Q51 667,20
6 Válvula neumática 50mm acero inoxidable	15	Q1 123,20	Q16 848,00
7 Actuador neumático	15	Q1 958,40	Q29 376,00
8 Codo 90° de 38mm soldable acero inoxidable	25	Q124,80	Q3 120,00
9 Codo 90° de 50mm soldable acero inoxidable	50	Q163,20	Q8 160,00
10 Tee de 50mm soldable acero inoxidable	20	Q134,40	Q2 688,00
11 reductor de 50mm a 38mm acero inoxidable	8	Q201,60	Q1 612,80
12 Unión universal 38mm acero inoxidable	10	Q182,40	Q1 824,00
13 Unión universal 50mm acero inoxidable	25	Q240,00	Q6 000,00
<b>TOTAL MECANICO</b>			<b>Q326 851,20</b>
14 Bomba sanitaria retorno CIP 5HP	1	Q19 497,60	Q19 497,60
15 Bomba dosificadora de soluciones	2	Q4 137,60	Q8 275,20
16 Armario y tablero eléctrico de control	1	Q33 350,40	Q33 350,40
17 Sensor de conductividad	2	Q29 616,00	Q59 232,00
18 PLC, Módulos y Accesorios	1	Q39 600,00	Q39 600,00
19 Panel a colores	1	Q10 320,00	Q10 320,00
20 Panel blanco y negro	1	Q5 606,40	Q5 606,40
21 Programa RSVIEW32	1	Q20 340,00	Q20 304,00
<b>TOTAL ELÉCTRICO</b>			<b>Q196 185,60</b>
<b>TOTAL CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN</b>			<b>Q523 036,80</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo de construcción de los tanques se encuentra incluido en el valor descrito en la tabla.

La instalación de tubería será realizada por el personal de la propia empresa, ya que cuenta con soldadores calificados.

Para poder cubrir las necesidades de la instalación se necesitaría subcontratar a dos soldadores y dos ayudantes, con un supervisor. El tiempo establecido para la instalación es de tres semanas. El costo de este personal subcontratado sería aproximadamente: Q19 200,00.

El sistema eléctrico y de control estaría a cargo del ingeniero electrónico y un electricista subcontratado. El costo aproximado por mano de obra de esta instalación sería Q12 400,00.

Finalmente sumando los costos de materiales mecánicos, eléctricos y mano de obra sería un total de: Q554 636,80, como podemos observar en la tabla XII.

Tabla. XII. **Costos totales de instalación y construcción**

DESCRIPCIÓN	COSTO
Materiales mecánicos	Q326 851,20
Materiales eléctricos	Q196 185,60
Instalación mecánica	Q19 200,00
Instalación eléctrica	Q12 400,00
<b>Total proyecto</b>	<b>Q554 636,80</b>

Fuente: elaboración propia.

## **4.2. Análisis económico**

Para poder realizar un análisis económico se realizaron varias solicitudes de cotización de sistemas automáticos de limpieza a diferentes empresas.

A nivel nacional se consulto a dos empresas de servicios:

Empresa #1:

Una de estas empresas cotizó la fabricación de los equipos de acero inoxidable y la instalación de las líneas de servicios y de poder. Ofertó un proyecto completo de instalación y automatización por un total de: Q998 346,24.

Empresa #2:

Otra empresa dedicada únicamente a la automatización y venta de equipos eléctricos y electrónicos, oferto solamente la automatización del proceso CIP (se debía de cotizar por separado el equipo de acero inoxidable y la instalación de tuberías), el costo ofertado es de: Q249 586,56.

Al no poder cotizar la construcción de equipo de acero inoxidable y la instalación de tuberías se descarto automáticamente esta cotización.

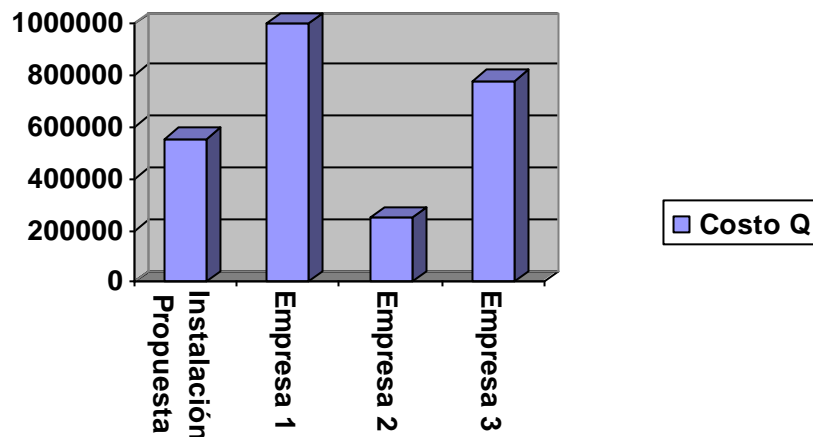
Empresa #3:

La empresa consultada al exterior, se dedica a la fabricación de estos equipos, ofreció un equipo modular cuyo costo asciende a: Q776 491,52, que sería el equivalente a \$97 061,52 (dólares norteamericanos).



Como se puede apreciar en la figura 20, es más rentable realizar la instalación del sistema de limpieza CIP por parte del personal de mantenimiento con la propuesta presentada.

Figura 21. **Gráfica de costos de construcción e instalación**



Fuente: elaboración propia.

### 4.3 **Movimiento de maquinaria**

Para poder realizar la instalación de las tuberías de servicios, se debe de realizar previamente la instalación de un puente de soporte.

Para la construcción de este puente se utilizará viga de  $\frac{1}{4} \times 3 \times 5$  pulgadas, para minimizar los costos, ya que este material quedo almacenado como sobrante de una obra de ampliación anterior.

En el puente para servicios se instalará canaleta de aluminio para los cables eléctricos, esta canaleta ira a un costado de la tubería de servicios.

Para la instalación de este puente de soporte es necesario desinstalar el transporte de barriles que se encuentra en la salida de la llenadora.

El desmontaje de este transporte estará a cargo del personal de mantenimiento mecánico y eléctrico, ya que se deben de desacoplar las uniones del transporte y se deben de desconectar los motores de las cadenas de acero inoxidable.

Para poder instalar los tanques de soluciones de químicos y de agua será necesario desinstalar una sección de transporte ubicada a la salida del inspector de nivel. Esta operación será realizada por parte del personal de mantenimiento.

Se debe de tomar en cuenta la nivelación de estos transportes, ya que el salón de llenado de barriles tiene desniveles en el piso (paños), para facilitar la limpieza de los operadores.

**Figura 22. Cronograma de actividades para implementación**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES IMPLEMENTACIÓN CIRCUITO CIP						
Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Recursos
Compra de material						Suministros
Obra civil						Subcontratado
Instalación puente de soporte						3 soldadores
Instalación tubería servicios						2 soldadores
Instalación de valvulería e instrumentos						2 soldadores
Instalación canaleta de aluminio						2 mecánicos
Desmontaje de transporte						2 mecánicos
Instalación de tanques de soluciones						4 mecánicos
Programación PLC						1 eléctrico
Instalación de transporte						2 mecánicos
Pruebas de circuito CIP						NA
Capacitación al personal						NA
Programación de producción						NA

Fuente: elaboración propia.

#### **4.4. Elaboración de planos del sistema CIP**

Ver en anexos los planos:

- Diagrama de CIP 1.
- Diagrama de CIP 2.

#### **4.5. Publicación de hojas de seguridad de químicos utilizados en CIP**

Una hoja de seguridad (también llamada MSDS) es una hoja de datos de seguridad de materiales utilizados en producción, que informa de una forma clara y concreta, los peligros que ofrecen los productos químicos tanto para el ser humano, como para la infraestructura y el medio ambiente.

También informa acerca de las precauciones requeridas y las medidas a tomar en caso de emergencia.

Para que una persona pueda reaccionar correctamente en un accidente con productos químicos se debe de publicar en un lugar visible las hojas de seguridad.

Una MSDS debe de incluir los compuestos del químico, grado de toxicidad, e instrucciones claras de los pasos a seguir si se llega a dar ingestión del producto, contacto con la piel y contacto con los ojos.

Es de suma importancia que todo el personal que este involucrado en el proceso de producción tenga conocimiento de estas hojas de seguridad, ya que aportan información necesaria para poder otorgar los primeros auxilios necesarios en un accidente con estos productos.

Las hojas de seguridad deben de ser actualizadas anualmente, también se deben de actualizar si se realiza un cambio a la fórmula del químico o si se cambia el mismo.

Se debe de publicar tanto el nombre comercial del producto como el nombre de los compuestos, para que no existan confusiones por parte del personal. Se debe de consultar con el distribuidor del producto para poder publicar la información correcta.

En las áreas de producción el porcentaje de humedad es bastante elevado, por lo cual se recomienda que las hojas de seguridad sean impresas en un material plástico, para evitar la degradación del papel y siempre se encuentre legible la información.

Los productos químicos deben de ser almacenados correctamente, en un lugar identificado para este propósito, se debe de consultar la ficha técnica del distribuidor para obtener la información de almacenaje.

Es recomendable que los productos químicos que sean utilizados en áreas de producción sean colocados sobre tarimas antiderrame, para poder mitigar rápidamente un derrame accidental y de esta forma no se vea afectada la producción.

La información necesaria de una hoja de seguridad es la siguiente:

- Identificación del producto y la compañía que lo distribuye.
- Composición e información de los componentes.
- Identificación de los peligros.
- Medidas de los primeros auxilios.

- Medida para extinción de incendios.
- Medidas en caso de escape accidental.
- Manejo y almacenamiento.
- Control de exposición y protección personal.
- Propiedades físicas y químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Información toxicológica.
- Información ecológica.
- Disposiciones del producto.
- Información del transporte.
- Información reglamentaria.

#### **4.6 Instalación de duchas y lavadores de ojos**

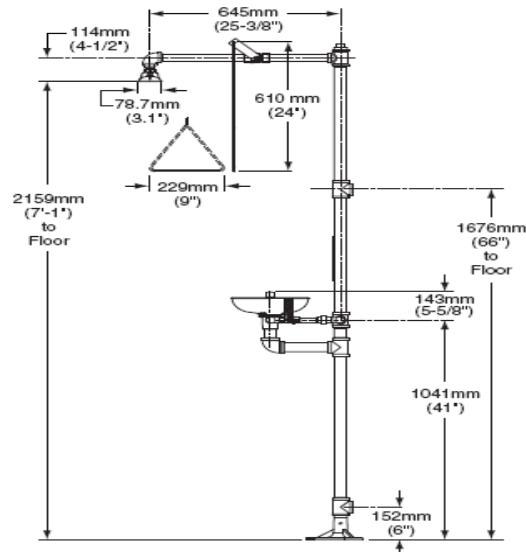
Por seguridad de los operadores se deben de instalar dos duchas y lavadores de ojos, en caso haya un accidente con productos químicos de las soluciones de CIP.

Se recomienda comprar ambas duchas con lavadores de ojos en acero inoxidable, con accionamiento manual y doble accionamiento de lavaojos (manual y por pedal).

El costo de compra e instalación de estas duchas es de Q5 500,00.

La tubería recomendada por el fabricante es de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Debe de tener un filtro regulador de la presión y caudal en el lavaojos para impedir que se cause un daño a la retina del ojo por una presión muy elevada.

Figura 23. Ducha y lavadores de ojos



Fuente: <http://www.bac-dall.com.ar>. Consultada el 15 de marzo 2012.

#### 4.7. Manual de procedimientos del proceso CIP

En el manual de procedimientos del proceso CIP se debe de establecer el objetivo de este proceso, que es, establecer los lineamientos que permitan mantener el producto dentro de las especificaciones técnicas a través de la limpieza CIP.

El alcance de este proceso es para todo el personal de operación y el de mantenimiento de planta de producción.

En el desarrollo del procedimiento se debe de fijar la frecuencia de la limpieza, se recomienda un circuito de CIP diario y uno semanal.

Con el CIP diario se mantiene limpia la tubería y el equipo. El CIP semanal es únicamente para seguridad en el proceso de limpieza.

Para tener bajo control el circuito CIP, el operador tiene presentes los tiempos de contactos mínimos en cada uno de los pasos del circuito, así como las concentraciones de las soluciones utilizadas.

También se deben de fijar las responsabilidades en este manual, el operador debe de ser el responsable de realizar el circuito de CIP, con sus tiempos adecuados y concentraciones correctas, llevando todos los datos en un registro.

Un empleado del laboratorio es el encargado de supervisar que las concentraciones de las soluciones se encuentren en el parámetro deseado.

El asistente de producción debe de supervisar que el operador realice puntualmente la limpieza CIP, también es el encargado de suministrar al operador todas las soluciones y las herramientas necesarias para esta operación.

Las sondas con las que se miden las concentraciones de los soluciones para CIP deben de ser calibradas por una empresa certificada una vez al año, para poder tener seguridad y confiabilidad de los datos obtenidos.

#### **4.8. Capacitación a operadores, supervisores y asistentes de producción**

Como parte de la implementación de la propuesta del circuito de limpieza CIP, es fundamental la capacitación al personal y a los asistentes de producción.

El objetivo de impartir esta capacitación es proporcionar conocimientos y desarrollar habilidades y destrezas en los operadores y asistentes de producción para que pueda ser implementado con éxito el nuevo circuito de limpieza.

Se recomienda que la capacitación pueda ser dividida en dos módulos, uno teórico y uno práctico.

En el módulo teórico se deben de impartir los conceptos fundamentales para poder comprender el sistema y adquirir los conocimientos necesarios para llevar a cabo satisfactoriamente la parte práctica.

En este módulo se recomienda incluir los siguientes temas:

- ¿Qué es un sistema de limpieza sanitario CIP?
- Objetivos del circuito de limpieza CIP.
- Ventajas del sistema CIP.
- Las cuatro variables de control de CIP.
- Componentes de un circuito CIP.
- Válvulas y accesorios de un circuito CIP.
- Tipos de sistemas CIP.
- Descripción del sistema CIP a ser implementado.



- Manejo de las soluciones químicas.
- Primeros auxilios.

En el módulo práctico se debe de poner en funcionamiento el sistema, paso a paso, para poder comprender el funcionamiento mecánico y eléctrico del sistema.

En este módulo se recomienda poner en práctica:

- Funcionamiento paso a paso del sistema CIP.
- Preparación de soluciones de sistema de CIP.
- Repaso del manual del sistema.
- Abertura manual de válvulas.
- Cierre de circuitos en caso de emergencia.
- Primeros auxilios en caso de accidente con soluciones químicas.
- Almacenamiento de soluciones químicas.

#### **4.9. Elaboración de plan de calidad para línea de barriles**

El objetivo de la elaboración de un plan de aseguramiento de calidad para la línea de barriles es definir y describir todos aquellos requisitos que se han de cumplir, para desarrollar con eficiencia las tareas en la línea de llenado de barriles.

En el plan de calidad se deben de describir los procedimientos que se seguirán para ejercer control sobre la operación del equipo y maquinaria.

En estos procedimientos se debe de describir con detalle el método con el que debe de realizarse las distintas actividades recogidas en el documento de calidad.

También se deben de detallar la secuencia de las operaciones involucradas en el proceso, el método de realización, los medios necesarios y el registro de los resultados alcanzados.

Se debe de llevar un control y distribución de los documentos, y se debe de elaborar un plan de auditorias internas para la validación del plan de calidad.

A continuación se presenta en la tabla No. XIII un resumen del plan de aseguramiento de calidad recomendado para esta línea de barriles.

Tabla XIII. **Plan de aseguramiento de calidad de línea de barriles**

Plan de Aseguramiento de calidad de línea de barriles					
Actividad	Actividad que afecta la calidad	Actividad crítica para la calidad del producto	Documento necesario para la actividad crítica	Responsable de documento de inspección	Registro Producido
Despaletizado	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Lavadora de barriles	Si	Presión de lavado	Manual de calidad, elaborar instructivo de lavado.	Operador	Elaborar registro de lavado.
Esterilización	Si	Concentraciones y temperaturas.	Manual de calidad, elaborar instructivo de esterilización y llenado.	Operador	Elaborar registro de esterilización y llenado.

Continuación de la tabla XIII.

Llenado	Si	Volumen de llenado	Manual de calidad, elaborar instructivo de esterilización y llenado.	Operador	Elaborar registro de esterilización y llenado.
Inspector de barril	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
Codificado	Si	Codificación legible	Manual de calidad, elaborar instructivo de trazabilidad.	Operador	Elaborar registro de trazabilidad.
Paletizado	No	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica
CIP diario	Si	Tiempo, concentración de soluciones, temperatura.	Manual de calidad, elaborar instructivo de CIP.	Laboratorista	Elaborar registro de CIP.
CIP semanal	Si	Tiempo, concentración de soluciones, temperatura.	Manual de calidad, elaborar instructivo de CIP.	Laboratorista	Elaborar registro de CIP.

Fuente: elaboración propia.

#### 4.10. Elaboración de tareas de mantenimiento preventivo para CIP

El objetivo de elaborar tareas de mantenimiento preventivo para el sistema de limpieza CIP es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

En el mantenimiento preventivo deben de incluirse rutinas de inspección en donde se verifique el estado físico de piezas de desgaste, así como revisiones periódicas del estado de las piezas críticas para la operación.

En las ventajas que se obtienen en la planificación de un mantenimiento preventivo se encuentran las siguientes:

- Confiabilidad de los equipos, estos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y condiciones de funcionamiento.
- Disminución de tiempo muerto, tiempo de parada de las máquinas.
- Mayor duración del equipo y las instalaciones.
- Disminución de repuestos en el almacén, reduciendo el costo, pues se ajustan las existencias a la demanda de consumo.
- Uniformidad de la carga de trabajo para el personal de mantenimiento, ya que se planifican las tareas a realizar.
- Menor costo de las reparaciones.

Para poder realizar las tareas de mantenimiento preventivo se recomienda realizar un inventario técnico, con manuales y planos del equipo, para poder evaluar las características de cada equipo y de esta forma sus necesidades de mantenimiento.

Se deben de evaluar los procedimientos técnicos, para poder acondicionar las tareas de mantenimiento periódicamente.

Se debe llevar un control de frecuencias, para poder tener un historial de mantenimiento del equipo y de esta forma poder determinar una fecha exacta para la realización de los trabajos.

Realizar un registro de reparaciones correctivas, para poder evaluar la frecuencia de falla en las piezas y de esta forma alimentar el mantenimiento con tareas que prevengan las fallas.

Se debe tener un inventario adecuado de repuestos en almacén para poder planificar correctamente las tareas.

Se debe de contar con un presupuesto asignado al mantenimiento preventivo, con el fin de poder contar con un flujo de caja y de esta forma poder planificar correctamente el trabajo de mantenimiento preventivo. De la misma forma se debe de contar con un presupuesto para el mantenimiento correctivo.

## **5. MEJORA CONTINUA**

### **5.1. Elaboración de plan de sugerencias**

Como parte de la mejora continua en los procesos es recomendable contar con un plan de sugerencias.

Los objetivos o mejoras para la empresa son las siguientes:

- Obtención de beneficios directos tales como una mayor nivel de seguridad y un mejor ambiente de trabajo.
- Mejorar las actitudes de los empleados dirigiendo su atención a los aspectos positivos y de progreso en su trabajo.
- Servir como medio de comunicación efectiva entre los empleados y la dirección.

Para los empleados las mejoras son las siguientes:

- Obtener una participación tangible de los beneficios que resulten de la adopción de sus ideas.
- Reconocimiento personal a su pensamiento constructivo y satisfacción de ver utilizadas sus propias ideas.
- Conseguir un factor positivo en su calidad de vida laboral.

- Desarrollar y demostrar su iniciativa e imaginación dándoles la oportunidad de ofrecer sus ideas para que sean consideradas por la dirección.

Todo ello para conseguir como objetivos comunes los siguientes:

- Mejorar la comunicación entre los diferentes escalafones de mando de la empresa.
- Identificar e involucrar a los empleados con la empresa. Quizás este apartado sea el más importante de todos, las sugerencias puede ser un mecanismo para que los operadores se involucren de lleno en todos los aspectos relacionados con la seguridad y salud de su empresa.
- Estimular a los empleados para identificar mejoras y resolver problemas.
- Capacitar a los encargados para implantar mejoras en su trabajo diario y de forma rápida.
- Premiar de inmediato las sugerencias. Para que la motivación de los operadores no decaiga y tengan siempre ánimo de hacer sugerencias, es fundamental, que la tramitación de las sugerencias sea rápida y en poco tiempo los operarios puedan recibir unos premios por la aportación de sus ideas.
- Contribuir a la mejora continua de la seguridad y salud en la empresa.

La dirección de la empresa es el responsable máximo del programa de sugerencias y debe estar avalado y apoyado por todos los responsables de la empresa.

Para conseguir un buen funcionamiento del programa de sugerencias se requiere que una persona o un departamento, en función del tamaño de la empresa sean responsables de la aplicación y del cumplimiento, además tendrán las siguientes responsabilidades:

- Investigar las sugerencias.
- Documentar el pago y la presentación de los premios de haberse establecido estos.
- Establecer el control y seguimiento de las sugerencias.
- Mantener un archivo de todas las sugerencias.

Los encargados deben dirigir todas sus actividades hacia la consecución de los objetivos generales del proceso de mejora continua. Deben recibir todas las sugerencias de su área, firmando y fechando las sugerencias y devolviendo una copia al sugerente. Además tienen otras funciones como aumentar la participación, incrementando y mejorando la comunicación, ayudando a buscar y describir las ideas.

El sugerente o grupo de sugerentes deben escribir la sugerencia y si es posible, justificar los ahorros. Deben basarse en hechos, números y posible solución, de nada sirve describir las deficiencias de un proceso productivo o de una instalación si luego no se aporta una idea para mejorar. Las áreas técnicas son todas aquellas que por su relación con el desarrollo e investigación de las sugerencias pudieran emitir un informe técnico sobre las mismas, aportando datos tales como costos de implantación, ahorros, viabilidad de la idea, seguridad, etc.



Las áreas técnicas comprenden:

- Instalaciones, máquinas, obra civil, procesos productivos.
- Seguridad y Salud.
- Administración.
- Mantenimiento (mecánico, eléctrico- electrónico).
- Aseguramiento de la calidad.

El proceso que debe seguir una sugerencia es el siguiente, una vez que el sugerente recoge el impreso en el buzón de sugerencias, lo completa en todos sus apartados y se la entrega personalmente a su encargado (o lo deposita en el buzón de sugerencias y la firma entregando una copia al sugerente. El encargado en un plazo corto de tiempo, resuelve la sugerencia según sus atribuciones.

Como consecuencia del informe del encargado, la sugerencia puede resultar:

- Sugerencia aceptada. Se considera aceptada y tendrá derecho a premio, cuando la sugerencia una vez estudiada haya sido implantada con resultados positivos.
- Sugerencia rechazada. Cuando no aportan ninguna idea positiva.
- Sugerencias fuera de su responsabilidad. Serán todas aquellas sugerencias con ahorros netos anuales superiores al nivel de responsabilidad del encargado.

Las clases o tipos de sugerencias pueden ser muy variados y abarcar todos los campos de una actividad industrial.

Se pueden destacar los siguientes:

- Mejorar los métodos de manufactura.
- Ahorrar materiales, tiempo de trabajo o energía.
- Mejorar la productividad, calidad seguridad o ergonomía.
- Ahorros de inversión, transporte, espacio, etc.

## **5.2. Auditorías de buenas prácticas de manufactura**

Las buenas prácticas de manufactura son una herramienta básica para poder producir productos seguros para el consumo humano. Estas se centran en la higiene y la forma de manipulación de los insumos.

También son útiles para diseñar el área de trabajo y para el desarrollo de los procesos y productos.

Con la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura se asegura la producción de productos seguros e inocuos para el consumo humano, estas son indispensables en sistemas de para la aplicación de sistemas como HACCP y sistemas de calidad ISO 9 000 y de inocuidad ISO 22 000.

Centroamérica cuenta con un Reglamento de buenas prácticas de manufactura de la industria de alimentos, bebidas y procesados. (Reglamento RTCA.67.01.33:06, se puede consultar en [www.cacia.org](http://www.cacia.org)).

Estas normas deben de ser aplicadas en toda industria de alimentos que opere y distribuya sus productos en el territorio de la Unión Aduanera Centroamericana.

Actualmente se realizan auditorias de buenas prácticas de manufactura trimestralmente en la empresa.

Las buenas prácticas de manufactura regulan los siguientes aspectos:

Edificio:

- Planta y sus alrededores.
- Instalaciones físicas.
- Instalaciones sanitarias.
- Manejo y disposición de residuales líquidos.
- Manejo y disposición de desechos sólidos.
- Limpieza y desinfección.
- Control de plagas.

Equipos y utensilios.

Personal:

- Capacitación.
- Prácticas Higiénicas.
- Control de salud.

Control de procesos y en la producción:

- Materias primas.
- Operaciones de manufactura.
- Envasado.
- Documentación y registro.

## Almacenamiento y distribución:

Se recomienda realizar auditorias de buenas prácticas de manufactura mensualmente, para lo cual se debe de desarrollar un registro que sirva para poder documentar estas evaluaciones.

Para poder implementar exitosamente este programa se debe impartir capacitación a todo el personal de operación y de mantenimiento, se deben de contar con programas de salud preventiva y se deben de contar con instalaciones diseñadas específicamente para la producción de alimentos.

La gerencia debe de estar totalmente comprometida con este programa para que pueda tener éxito su implementación.

Se debe de elaborar un manual de buenas prácticas de manufactura interno de la empresa para poder difundir las regulaciones del programa de buenas prácticas de manufactura a los usuarios, y con base al manual se debe de efectuar un formato para poder realizar exitosamente las auditorias al sistema.

Es recomendable tener de objetivo una calificación mínima para poder tener una meta a cumplir en el programa de buenas prácticas de manufactura. De esta forma se pueden realizar los cambios necesarios y se puede llevar un control adecuado en los procesos de la empresa.

### **5.3. Auditarías de control visual**

El control visual es una herramienta utilizada en muchas empresas, en donde la información es comunicada utilizando señales visuales o instrucciones escritas.

Estas señales visuales deben de ser elaboradas para que sean reconocidas fácilmente por el usuario, pueden ser de diferentes formas, de diferentes colores y de diferentes temas, de manera que se incremente la eficiencia y la claridad de los procesos.

El control visual es un mecanismo que está diseñado para administrar las operaciones y procesos con los siguientes propósitos:

- Hacer visibles los problemas, anomalías y desviaciones, ya que si uno tiene una forma estándar en la cual debe de estar el puesto de trabajo serán mucho más visibles los problemas antes mencionados.
- Mostrar el estado del proceso en un formato fácil de visualizar y entender.
- Proveer información del proceso.
- Reunir información del proceso.
- Retroalimentar del proceso inmediatamente al personal.

Con todos estos beneficios, el principal objeto del control visual es el incremento de la eficiencia y la efectividad del proceso simplemente haciendo deliberadamente los objetos visibles.

Cuando los procesos son visibles, los operadores y personal de mantenimiento tienen conciencia sobre su área de trabajo, esto también sirve

para asegurarse que todos tienen un punto de vista común sobre los que esta pasando en el proceso.

Para poder implementar correctamente un sistema de control visual del proceso en el área de trabajo es necesario que se asigne un presupuesto fijo para el mantenimiento del puesto de trabajo.

Algunas de las aplicaciones visuales más comunes son las siguientes:

- Un código de color para las tuberías y cableado.
- Pintura de líneas de tránsito, áreas de almacenaje, desechos.
- Tableros para repuestos y herramientas.
- Luces de emergencia.
- Cartelera para publicación de procedimientos, reuniones e indicadores.
- Pizarrón para el estatus de la producción.
- Indicadores de dirección de flujo de proceso.

Los métodos de control visual fueron creados con el objeto de aumentar la eficacia y eficiencia de los procesos.

La teoría de estos métodos es que si algo es claro y visible, es fácil de recordar y de tener siempre en mente.

Otro uso común de los métodos de control visual es para el control de las materias primas y herramientas. Un área claramente etiquetada hace que el trabajador sepa exactamente a donde pertenece una herramienta y que herramienta esta perdida de su ubicación.

Para la implementación de un programa de control visual es recomendable seguir estos pasos:

- Crear un comité organizador para el plan.
- Elaborar un plan y un cronograma para la implementación.
- Crear un presupuesto para la implementación.
- Colectar y desarrollar ejemplos y casos para el programa.
- Hacer publicidad dentro de los empleados para dar a conocer el inicio del programa.
- Proveer capacitación y entrenamiento a los usuarios del programa.
- Seleccionar un día para que todos los usuarios apliquen el control visual en sus puestos de trabajo.
- Evaluar los resultados del control visual y tomar las acciones correctivas necesarias.

Es necesaria y muy importante la retroalimentación de las evaluaciones del control visual a los usuarios, de esta forma se pueden ir dando a conocer las mejoras y se incentiva la mejora continua del proceso.

Las desviaciones encontradas deben de ser documentadas para poder elaborar un plan de acción, y de esta forma también se incentiva el trabajo del equipo.

Se recomienda elaborar auditorías en las áreas de trabajo mensualmente, sin previo aviso, para poder visualizar el estado normal de las operaciones. Se debe de hacer un formato para estandarizar las auditorías en todas las áreas de la empresa.

#### **5.4. Establecimiento de indicadores**

Es necesario que se establezcan objetivos para cada uno de los procesos críticos de la empresa.

Se puede corregir una desviación en un proceso únicamente cuando se tiene establecido un objetivo contra el cual se puede comparar el mismo.

Se debe de establecer indicadores en el departamento de producción, con el fin de poder medir la eficiencia del proceso.

Una herramienta de mejora continua es la Efectividad Global del Equipamiento (EGE), este indicador mide en un solo objetivo el porcentaje de efectividad de las máquinas y líneas de producción con respecto a su máquina ideal equivalente.

El concepto de EGE, nace como un indicador clave de desempeño, esto asociado a un programa estándar de mejora de la producción llamado TPM (Mantenimiento productivo total). El objetivo principal del TPM es el ahorro de costos.

Este indicador es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: disponibilidad, rendimiento y calidad. Esta clasificación proviene de la filosofía del TPM, en las cuales se enmarcan un grupo de pérdidas que hacen reducir el tiempo efectivo del proceso y la producción óptima a alcanzar. Lo cual eleva los costos de producción.

La diferencia en este indicador la constituyen pérdidas de tiempo, pérdidas de velocidad y pérdidas de calidad.



El EGE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción:

- Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo.
- Rendimiento: producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- Calidad: producción generada sin defectos.

El EGE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo del proceso y la producción óptima a alcanzar.

Disminución de la disponibilidad:

Pérdidas de tiempo: se define como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo pero no lo ha estado, ningún producto sale de la máquina. Estas pérdidas son: averías en el equipo y esperas.

Las averías en el equipo es por un fallo repentino e inesperado, este genera una pérdida en el tiempo de producción, puede ser por falla técnica o de operación.

El tiempo de producción se reduce también cuando el equipo esta en espera, la máquina puede quedar en estado de espera por varios motivos, por ejemplo: un cambio de producto, por mantenimiento, por un paro para refacción o almuerzo del operador.

Disminución de rendimiento:

Pérdidas de velocidad: una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima, existen las microparadas y la velocidad reducida.

Las microparadas es cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, son generalmente causadas por problemas como bloqueos producidos a los sensores de presencia o problemas en los niveles de los transportadores.

La velocidad reducida es la diferencia en la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño del equipo.

Pérdidas de calidad:

Las pérdidas de calidad ocurren cuando el equipo fabrica productos que no son buenos a la primera producción. Se pueden clasificar en dos, desechos y reproceso.

Fórmula y cálculo de EGE:

EGE = porcentaje de disponibilidad x porcentaje de rendimiento x porcentaje de calidad.

EGE = tiempo de funcionamiento x unidades producidas x unidades buenas.

Se debe de capacitar a todo el personal para que puedan entender estos factores, y se pueda aplicar exitosamente este indicador clave de desempeño

en las líneas de producción. Se deben fijar objetivos mínimos para poder comparar mes a mes los avances en la eficiencia de la producción.

Los valores se deben de fijar en base a la experiencia de los trabajadores, se debe de empezar con un valor bajo de EGE y se deben de fijar metas superiores para ir superando paulatinamente estos valores hasta obtener el máximo posible de la línea de producción.

### **5.5. Reuniones de grupos operativos**

Otra herramienta que se puede utilizar para la mejora continua es la programación periódica de reuniones de grupos operativos.

En estas reuniones se recomienda que se reúnan por equipos de trabajo, es decir, asistente de producción, supervisores y operadores junto con el asistente de mantenimiento, supervisores y personal de mantenimiento.

El objetivo de estas reuniones es la retroalimentación de las tareas diarias, así como el resultado de los indicadores clave de desempeño, temas de seguridad industrial, avance de sugerencias y todos los temas desarrollados durante una cantidad de tiempo establecida.

La reunión debe de ser presidida por el asistente de cada área, se deben de exponer claramente los objetivos de la reunión, y se deben tratar única y exclusivamente los temas relacionados en el trabajo. Luego debe de dar una retroalimentación al jefe y al gerente del departamento de las conclusiones realizadas.

Se debe de preparar con antelación el contenido de estas reuniones, para poder tener un orden establecido en los puntos a tratar.

Es de bastante importancia la retroalimentación que se da en ambas vías, del jefe al colaborador y viceversa, ya que de esta retroalimentación pueden nacer muchas ideas de mejora en los procesos.

Se debe de otorgar un tiempo al final de la reunión para que los colaboradores puedan exponer alguna inquietud respecto al trabajo, de ser posible el jefe debe de poder solucionar de forma inmediata la misma.

Se debe de hacer una minuta de esta reunión para poder comparar mes a mes los avances e inquietudes del personal operativo de la empresa y de esta forma poder medir las mejoras en los procesos.



## CONCLUSIONES

1. El funcionamiento de un sistema de limpieza CIP se basa en la circulación de agua y soluciones de limpieza a través de las tuberías y el equipo que tiene contacto directo con el producto. El factor principal a tener en cuenta durante el diseño del sistema de limpieza CIP, es crear un flujo turbulento durante la limpieza, para que las soluciones de limpieza remuevan por medio de acción mecánica la suciedad acumulada.
2. Los parámetros fisicoquímicos de la cerveza son: unidades de amargura, grado de alcohol, unidades de pasteurización, cantidad de oxígeno disuelta en el líquido, cantidad de aire y color. Para mantener la calidad de estos parámetros es necesario un circuito CIP de reuso, ya que por la cantidad de volumen de agua y de soluciones de limpieza que se utilizan durante los ciclos de CIP, resulta mucho más rentable para la empresa el poder reciclar estas soluciones químicas. Este sistema es más rentable y colabora con el medio ambiente, ya que la cantidad de agua utilizada se reduce considerablemente.
3. En el diseño de la red de distribución de producto se deben eliminar los puntos muertos, estos son lugares en donde se pueden crear chaquetas de aire y la acción mecánica de la limpieza CIP no es efectiva, por lo cual se crea un potencial punto de contaminación del producto. Para el diseño de la red de servicios CIP y producto se utilizó tubería de 40 milímetros de diámetro de acero inoxidable.

4. Para facilitar la operación del sistema de limpieza CIP es necesario que el personal involucrado en estas tareas tenga un profundo conocimiento del instructivo de limpieza que se elaboró para este circuito. De esta forma los trabajadores conocerán los tiempos de circulación, así como las concentraciones y temperaturas de las diferentes soluciones.
5. El sistema de mantenimiento preventivo del equipo de limpieza CIP incluye rutinas de revisión de cada uno de los equipos e instrumentos involucrados en el proceso de limpieza. Se deben de seleccionar adecuadamente las válvulas a utilizarse en este proceso, para evitar puntos de contaminación. Se debe de contar con un sistema de almacenamiento de repuestos para poder realizar las tareas de mantenimiento en su tiempo respectivo.
6. La mejor opción para poder instalar el sistema de limpieza CIP es por medio del Departamento de Mantenimiento de la empresa, ya que los costos se reducen en un 40 por ciento aproximadamente.
7. La capacitación se debe de realizar en dos módulos, con el fin de poder desarrollar las habilidades y destrezas en los operadores, supervisores y asistentes de producción. Un módulo debe de ser teórico para asimilar los conocimientos y el segundo módulo debe de ser práctico para poder desarrollar las habilidades en el manejo del equipo de limpieza CIP.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar un rociador de 360 grados para realizar la limpieza en el tanque de almacenamiento de cerveza, ya que el tanque no posee ángulos de difícil alcance por la solución de limpieza.
2. Es necesaria la difusión del plan de calidad para la línea de barriles al personal operativo, se recomienda poder realizar esta difusión previa a la capacitación planificada del sistema de limpieza a ser implementado, para que los colaboradores tengan conocimiento previo en la materia y se puedan asimilar más fácilmente los detalles de este sistema.
3. Se recomienda hacer un inventario de todos los componentes del sistema de limpieza CIP, de esta forma se facilita la elaboración de tareas de mantenimiento preventivo y la adquisición de repuestos críticos para la operación de este sistema.
4. Para poder implementar el sistema de sugerencias se recomienda difundir la base de este sistema durante las reuniones de grupos operativos, para que sea un sistema que sea sinérgico y que la retroalimentación que se tenga provoque los cambios positivos esperados en el proceso.
5. La opción factible para elaborar el sistema de limpieza CIP es con el personal de mantenimiento de la empresa. Para poder cumplir con todos los tiempos estimados se recomienda subcontratar a personal que este calificado en soldadura TIG, para evitar problemas posteriores con porosidades en la soldadura.





## BIBLIOGRAFÍA

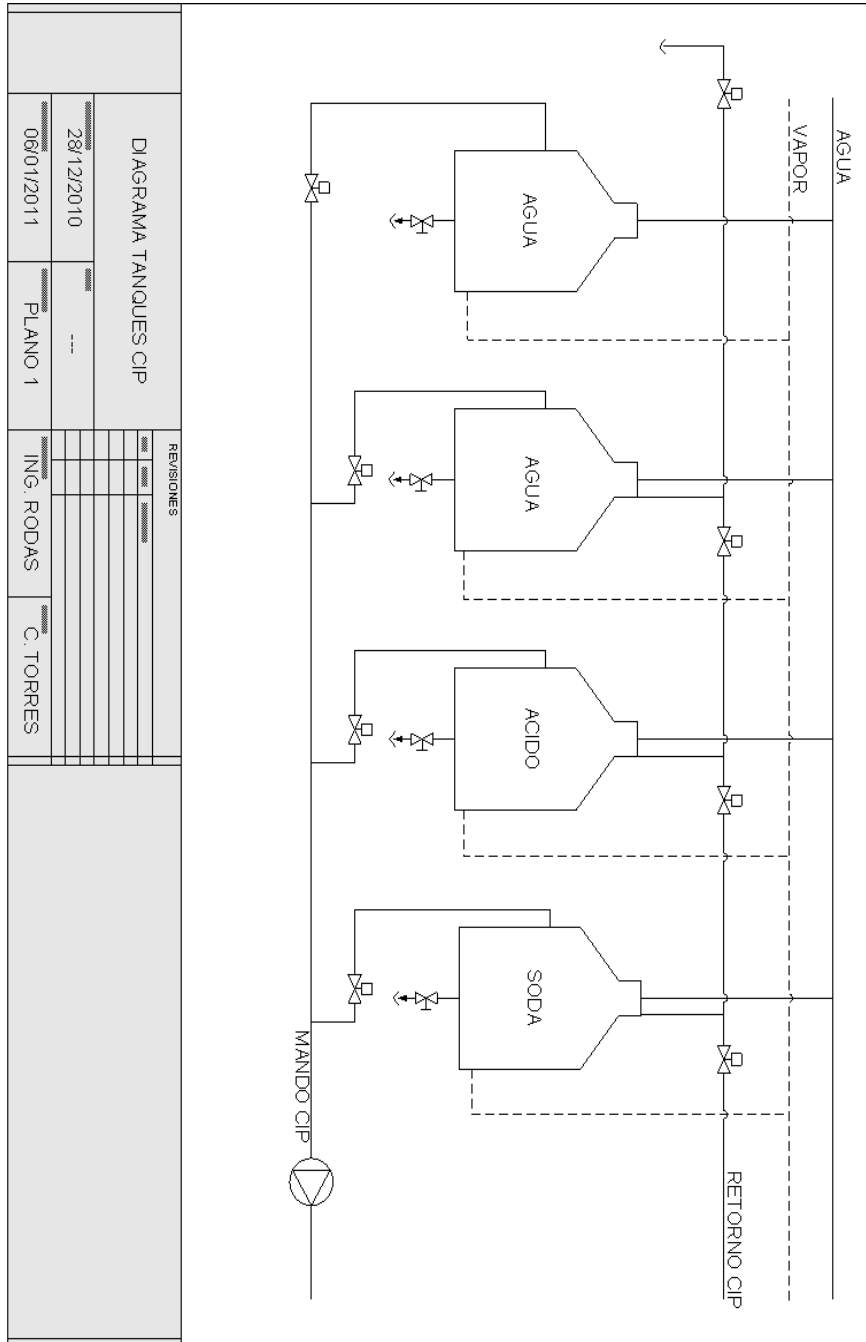
1. AVALLONE, Eugene. *Marks Manual del Ingeniero Mecánico*. Boresi, A. (trad.). 2a ed. México: McGraw-Hill, 2000. 2145 p. SBN: 970-10-0663-1.
2. CARNICER, Enrique. *Bombas centrífugas*. Barcelona: Thomsom-Paraninfo, 1996. 744 p. ISBN: 978-84-2832243-0.
3. FOX, Robert; MCDONALD, Alan. *Introducción a la mecánica de fluidos*. Granger, R (trad.). 4a ed. México: Nueva Editorial Americana, 1998. 678 p. ISBN: 978-95-6140784-8.
4. HODSON, William. Maynards *Manual del Ingeniero Industrial*. Lancaster, Fr. (trad.). 5a ed. México: McGraw-Hill, 1996. 2128 p. ISBN: 970-10-1196-1.
5. KLIMOVITZ, Ray. *El Cerveceros en la práctica*. Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas (edit. y trad.). 2a ed. Caracas: MBAA, 1997. 580 p. ISBN: 097-18-2550-5.
6. LEMA, Martín. *Implementación de controles en un sistema de limpieza para la industria de alimentos lácteos*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Escuela Politécnica del Litoral de Ecuador, 2007. 181 p.

7. LUX, Emilio. *Estudio técnico para la construcción y montaje de tanques de cocimiento de mosto en la industria de elaboración de cerveza.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. 165 p.
8. PÉREZ, Ingrid. *Estudio de factibilidad para la instalación de una planta embotelladora de agua purificada en el municipio de San José Pinula de Guatemala.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 180 p.
9. RIVERA, Francisco. *Reciclaje del agua utilizada en una embotelladora de bebidas.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 128 p.
10. SALVATIERRA, Ervin. *Diseño de un sistema de sanitización para una industria alimenticia.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería, Escuela Politécnica del Litoral de Ecuador, 2002. 164 p.

## **ANEXOS**



### Anexo 1. Diagrama de CIP 1



Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2. Diagrama de CIP 2

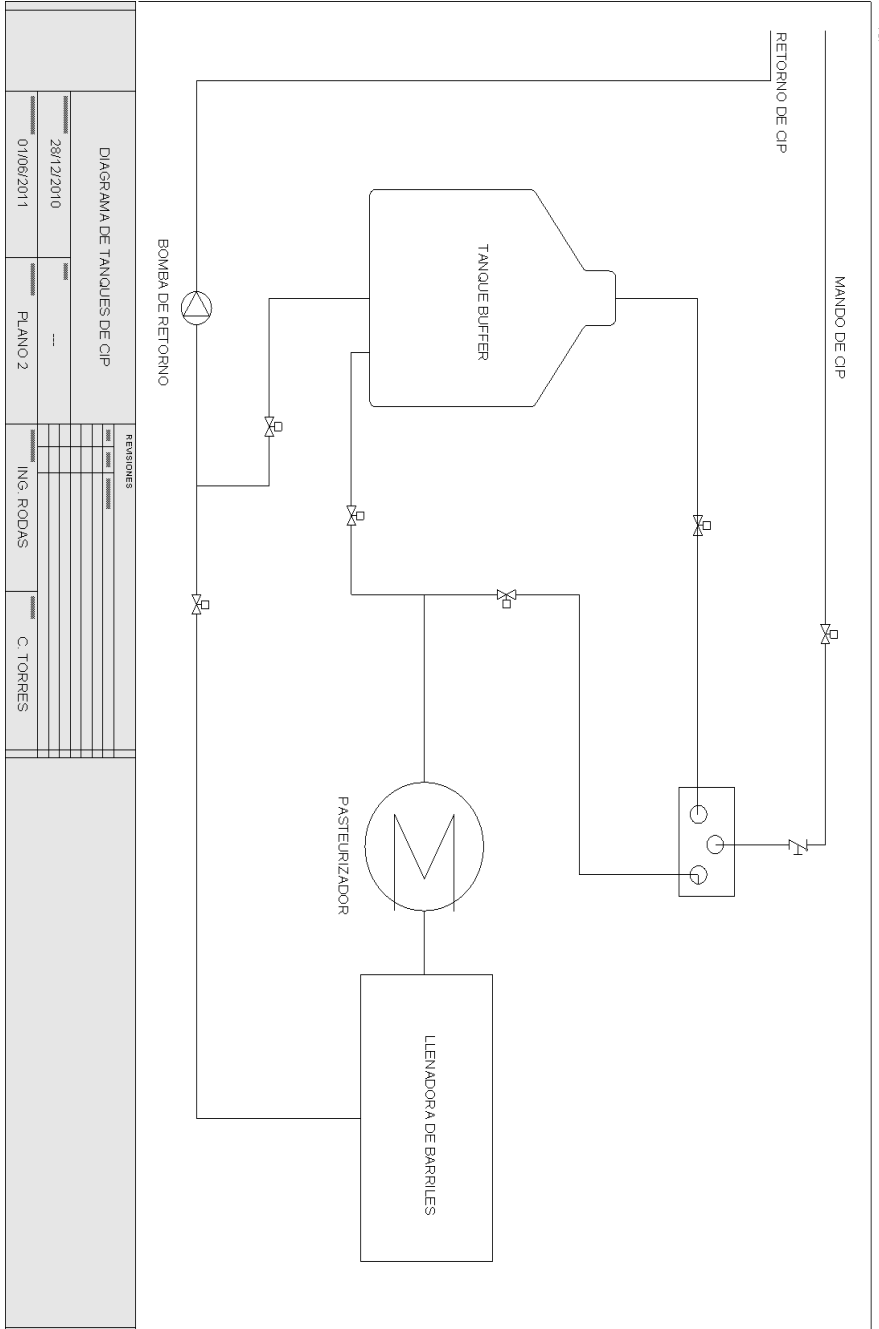


DIAGRAMA DE TANQUES DE CIP		REVISIONES	
28/12/2010	...		
01/06/2011	PLANO 2	ING. FODAS	C. TORRES

Fuente: elaboración propia.

### Anexo 3. Formato de auditoria de BPM

<b>FORMATO DE AUDITORÍA INTERNA BPM</b>					
<b>ÁREA:</b>	<b>AUDITOR:</b>	<b>Rango de Evaluación</b>			
<b>FECHA:</b>	<b>HORA:</b>				
<b>SUPERVISOR:</b>	<b>MES:</b>				
<b>a. AREA: PERSONAL</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>TOTAL</b>
1	Todos los trabajadores se encuentran en buen estado (aparente) de salud, sin heridas y en condiciones que le permitan efectuar su trabajo sin afectar la inocuidad del Producto?				
2	El personal no utiliza joyas:relojes, pulseras, anillos, celulares, pendientes etc.?				
3	El personal utiliza uniforme en buenas condiciones y su limpieza personal es adecuada (manos, uñas, cabellos, otro)?				
4	Los operadores utilizan el equipo requerido(redcillas, mascarillas, etc.), que garantice la inocuidad del producto y éstos están adecuadamente utilizados?				
5	Se utiliza mascarillas en el área del cuarto de llenado?				
6	El personal se lava las manos (previo al arranque, cuando ingresa al área aséptica y cuando realizan otras actividades en que pueden contaminarse)?				
7	Se guardan apropiadamente los enseres personales?				
8	El personal no ingiere alimentos ni bebidas, no mastica chicle, ni escupe dentro del área de trabajo?				
<b>SUB TOTAL</b>					<b>0</b>
<b>b. AREA: EDIFICIOS</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>TOTAL</b>
1	Trabaja de manera adecuada el sistema de drenajes del área(evita aguas estancadas, olores, vapores, etc.)?				
2	Las paredes y pisos cumplen con tener uniones sanitarias, están debidamente limpios, secos, adecuadamente pintados y son de material y acabados adecuados al proceso?				
3	La ventilación es apropiada provista para minimizar olores, gases o vapores tóxicos?				
4	Pasillos y espacios de trabajo sin obstrucciones y con ancho suficiente?				
5	Iluminación adecuada: Estaciones de trabajo y de toma de datos, lavabos, áreas de almacenaje? (según el manual de BPMs)				
6	Lamparas e instalaciones protegidas (para que no afecte el producto) sobre las áreas de procesamiento, almacenaje de materias primas y producto terminado?				
7	Las áreas aledañas al salón están en condiciones de evitar potencial contaminación al producto (proliferación de plagas)?				
8	Existe la señalización y rotulación apropiada para prever potenciales contaminación del producto terminado?				
<b>SUB TOTAL</b>					<b>0</b>
<b>c. AREA: FACILIDADES SANITARIAS:</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>TOTAL</b>
1	Depositos para desechos solidos (basura): recipientes apropiados; deben estar distribuidos, contruidos, identificados y señalizados adecuadamente, deben haber suficientes?				
2	Tuberías y sistema de desecho de aguas cloacales se encuentran adecuadamente instalados y mantenidos?				
3	Se colectan y retiran adecuadamente los desechos de la operación del área, evitando que afecten la inocuidad del producto?				
4	El agua para el producto final es de fuentes aprobadas y se verifica permanentemente que cumplan con la Especificación Técnica?				
5	Lavamanos y áreas de desinfección de manos en las áreas asépticas estan debidamente instalados y abastecidos?				
6	Las superficies del equipo en contacto con el producto tienen uniones lisas?				
7	Las cubiertas del envase, de los materiales de empaque, de materias primas, de ingredientes, del producto son adecuadas para prevenir contaminación potencial del producto?				
8	Ventanas, Puertas construidas adecuadamente para evitar filtración de polvo, agua, insectos, otros?				
<b>SUB TOTAL</b>					<b>0</b>



Continuación.

<b>d. ÁREA: OPERACIONES SANITARIAS</b>				
1	Se ha efectuado la limpieza del área?			
2	Las superficies en contacto con el producto (tuberías y equipo para almacenamiento y distribución), cumplen con las especificaciones técnicas de limpieza y saneamiento?			
3	Envase, tapa, sello, etiqueta, y otros materiales y materias primas son almacenados apropiadamente y aprobados previo a su uso, cumpliendo con la Especificación Técnica			
4	Botellas saneadas protegidas desde donde se lavan hasta donde se llenan para evitar contaminación?			
5	Existe evidencia de pintura descascarada en paredes, tuberías, techos, paredes y equipos que puedan afectar la inocuidad del producto?			
6	La iluminación es adecuada para ejecutar la limpieza y actividades de trabajo?			
7	Equipos sin derramamiento de aceite que pueda afectar la inocuidad del producto?			
8	Los elementos de sanitización y limpieza (productos, equipo, escobas, etc.) se encuentran debidamente identificados y ordenados?			
<b>SUB TOTAL</b>				<b>0</b>
<b>e. ÁREA: CONTROLES DE PRODUCCIÓN Y PROCESOS:</b>				
1	Es apropiada la ventilación del área y el sistema diseñado para no afectar la inocuidad del producto?			
2	Todos los materiales y producto que se rechazan, son separados e identificados apropiadamente?			
3	Cada unidad producida lleva impreso apropiadamente "codigo de producción"?			
4	Equipos bien mantenidos, sin evidencia de oxidación?			
5	La documentación y registros relacionados a las BPMs (control de microorganismos y contaminación, control de proceso, etc) se encuentran almacenados apropiadamente?			
6	Se cuenta con la documentación del entrenamiento recibido por el personal para la correcta aplicación de las BPMs en el área?			
7	El personal tiene accesibilidad a la información relacionada con las BPMs de su área específica?			
8	Hay evidencias de la funcionalidad del programa de control de plagas en las áreas de trabajo?			
<b>SUB TOTAL</b>				<b>0</b>
<b>f. ÁREA: BAÑOS:</b>				
1	Hay rotulos que indican al personal que hay que lavarse las manos despues de utilizar sanitarios, están estos en buenas condiciones?			
2	El sistema de iluminación cumple con los estándares requeridos?			
3	El sistema de ventilación es apropiado, los ventiladores y/o extractores funcionan apropiadamente para evitar olores?			
4	Las instalaciones en general, son adecuadas y se encuentran en buen estado (pisos secos, paredes limpias, servicios limpios, puertas no abren directo hacia el área de proceso, etc.)?			
5	Los lavabos tienen agua caliente y fría según los requerimientos en cada área geográfica, y el sistema de secado de manos funciona apropiadamente?			
<b>SUB TOTAL</b>				<b>0</b>
<b>g. ÁREA: MANTENIMIENTO:</b>				
1	El personal de mantenimiento al concluir cualquier trabajo, dejan las áreas ordenadas y limpias previniendo riesgos potenciales de contaminación?			
2	El equipo es mantenido con enfoque preventivo para asegurar su buen estado y evitar potenciales peligros de contaminación?			
3	Los registros de mantenimiento están debidamente almacenados?			
4	El personal de mantenimiento cumple con los requerimientos de BPMs en todo momento?			
5	Los respiraderos de los depósitos de agua cuentan con malla para evitar el ingreso de insectos?			
<b>SUB TOTAL</b>				<b>0</b>
<b>TOTAL</b>				<b>0</b>

A: Excelente	A: 2 (Pts)
B: 1-2 Problemas	B: 1 (Pts)
C: 3 ó más	C: 0 (Pts)

**Observaciones:**

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. **Formato de auditoria de orden y limpieza para control visual**

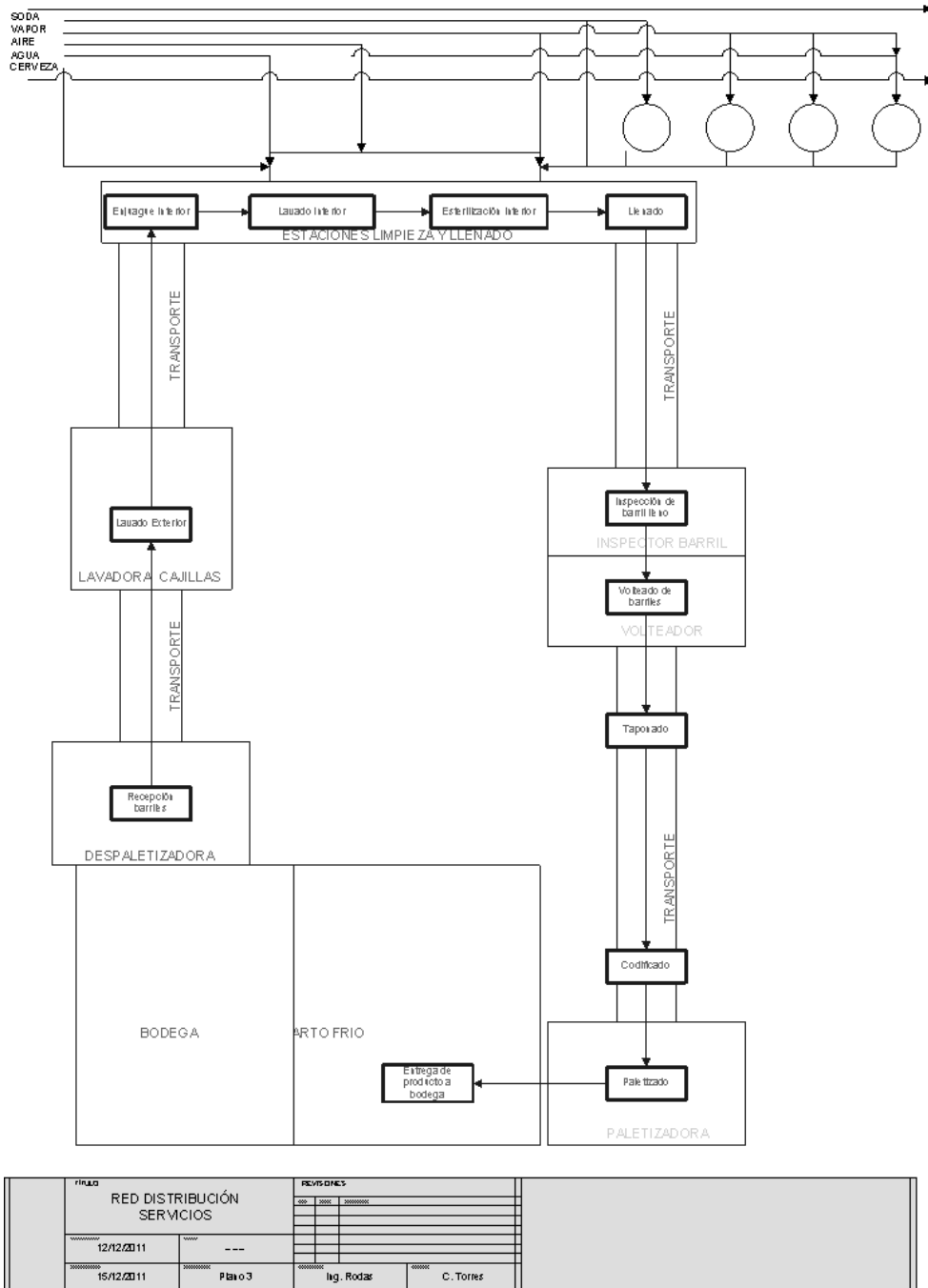
AUDITORIA DE ORDEN Y LIMPIEZA						
Fecha:	Área:	Responsables:	Rango de evaluación			Totales
Categoría	Item		A	B	C	
<b>Organización</b> (Clasificar y seleccionar)	Está todo uniformemente publicado en cartelera?					
	Se han apartado todos los artículos innecesarios?					
	Está claro por que artículos no autorizados se encuentran allí?					
	Están los pasillos y áreas de trabajo señalizados apropiadamente?					
	Están las mangueras y cables debidamente enrollados?					
SUB TOTAL						
<b>Orden</b> (Ordenar las cosas y establecer límites)	Está todo en su lugar?					
	Se guarda todo después que se utiliza?					
	Están las áreas de trabajo ordenadas?					
	Está todo sujeto y asegurado en su lugar?					
	Están ordenados los anaqueles, mesas e implementos de limpieza?					
SUB TOTAL						
<b>Limpieza</b> (Pulir los pisos, herramientas y todo el área de trabajo)	Está la ropa limpia y pulcra?					
	Son adecuados los extractores y ventilación?					
	Están limpias las áreas de trabajo?					
	Se mantienen limpias las maquinarias, equipos, herramientas					
	Se perciben olores ajenos al proceso del área?					
SUB TOTAL						
<b>Pulcritud</b> (Etapa que sigue a las tres primeras, compartir información, estandarizar)	Está el área libre de desperdicio y polvo?					
	Se ha limpiado toda la maquinaria y equipos?					
	Se han asignado las responsabilidades de limpieza?					
	Es apropiado el nivel de los depósitos de desperdicio (basura o vidrio)?					
	Comunicados existentes en el área (tienen período de validez?, se encuentran dentro del período de validez?, están en buenas condiciones?)					
SUB TOTAL						
<b>Disciplina</b> (Cefirse estrictamente a las reglas)	Están todos vestidos de acuerdo a las normas?					
	Se respetan las áreas para fumar?					
	Se guardan los enseres personales?					
	Evitan todos comer y beber en el área de trabajo?					
	Evitan todos las conversaciones privadas durante las horas de trabajo?					
SUB TOTAL						
<b>TOTALES:</b>						

A: Excelente	A: 4 (Pts)
B: 1-2 Problemas	B: 2 (Pts)
C: 3 ó más	C: 0 (Pts)

**Observaciones**

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 5. Red de distribución de servicios y producto



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. **Formato de programa de sugerencias**

**PROGRAMA DE SUGERENCIAS**

ORIGINADOR:	AREA:
SUPERVISOR:	FECHA:

<b>SITUACION ACTUAL:</b>

<b>PROBLEMA O ASPECTO A MEJORAR</b>

<b>SUGERENCIA:</b>

<b>STATUS</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>FECHA</b>

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 7. Instructivo CIP

### INSTRUCTIVO PARA LIMPIEZA CIP

#### 1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos que permitan mantener el producto dentro de las especificaciones técnicas a través de la limpieza CIP.

#### 2. ALCANCE

Para personal de Operación y Mantenimiento

#### 3. DEFINICIONES

**3.1 CIP (Clean in Place):** Limpieza en el lugar de trabajo. Se refiere a la limpieza interna de los equipos y tuberías que tienen contacto con el producto haciéndoles circular para ello agua y químicos a diferentes concentraciones y temperaturas. Esto garantiza la correcta limpieza y desinfección. Para esto no se desarmen los equipos.

#### 4. DESARROLLO

##### 4.1 FRECUENCIA

La frecuencia del circuito CIP en la línea de llenado contempla un CIP semanal que deberá de ser registrado para que quede constancia de su elaboración.

##### 4.2 REALIZACIÓN DEL CIP

Para el control de la correcta realización del circuito CIP, el operador tiene presente los siguientes tiempos de contacto como mínimo para cada uno de los pasos del circuito, así como las concentraciones de los diferentes químicos que se usan en cada uno. También se tiene presente que la temperatura en el paso de soda o limpieza con ácido debe de ser mínimo de 80°C.

En la siguiente tabla se tienen los diferentes pasos del circuito CIP

Pasos	Tiempo	Concentración
Preenjuague	10 min.	NA
Soda caliente	10 min.	2.0 %
Enjuague intermedio	5 min.	
Limpieza con ácido	10 min.	1.5%
Enjuague final	5 min.	

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 8. Programa de mantenimiento preventivo CIP

	Tarea de mantenimiento preventivo	Periodicidad	Tiempo	Recursos
1	Revisión de empaques en valvulería sanitaria	480 horas	6 horas	1 mecánico
2	Revisión de sello mecánico bomba retorno	960 horas	4 horas	1 mecánico
3	Revisión de sello mecánico bomba mando	960 horas	4 horas	1 mecánico
4	Mantenimiento a motores de bombas	1920 horas	4 horas	2 eléctricos
5	Revisión válvulas de seguridad	480 horas	6 horas	1 mecánico
6	Revisión anclaje tanques de soluciones	1920 horas	4 horas	2 mecánicos
7	Revisión de rociador tanque almacenamiento	480 horas	3 horas	1 mecánico
8	Calibración de instrumentos	1920 horas	10 horas	externo
9	Revisión de válvulas neumáticas	960 horas	6 horas	2 mecánicos
10	Revisión de fugas sistema neumático	960 horas	8 horas	2 mecánicos
11	Comprobación funcionamiento conductivímetro	480 horas	3 horas	1 electrónico
12	Revisión aislamiento tanque soluciones	960 horas	5 horas	1 mecánico
13	Cambio empaques en valvulería sanitaria.	1920 horas	8 horas	2 mecánicos
14	Revisión válvula de vacío tanque almacenamiento	960 horas	2 horas	1 mecánico
15	Revisión bomba dosificadora soda	480 horas	4 horas	2 mecánicos
16	Revisión tubos intercambiadores de calor	1920 horas	6 horas	2 mecánicos
17	Revisión aislamiento en tubería intercambiadores	960 horas	7 horas	1 mecánico
18	Revisión del detector de nivel en tanques soluciones	480 horas	6 horas	1 electrónico
19	Revisión del controladores de temperatura RTD PT100	480 horas	6 horas	1 electrónico
20	Revisión bomba dosificadora ácido	480 horas	4 horas	2 mecánicos
21	Limpieza de tubería soda	960 horas	8 horas	2 mecánicos
22	Cambio de sello mecánico bomba de retorno CIP	3840 horas	6 horas	2 mecánicos
23	Cambio de sello mecánico bomba de mando CIP	3840 horas	6 horas	2 mecánicos
24	Revisión empaque compuerta tanque almacenamiento	960 horas	3 horas	1 mecánico
25	Revisión de empaques nivel de tanque almacenamiento	480 horas	6 horas	1 electrónico

Fuente: elaboración propia.

