



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU “CLEANING IN
PLACE” DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA
HEISENBEER**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA

DIRECTOR: ING. PAUL GUSTAVO PALMAY PAREDES

Riobamba – Ecuador

2023

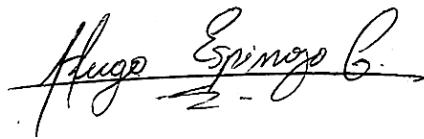
© 2023, Hugo Guillermo Espinoza Carmilema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de abril de 2023.

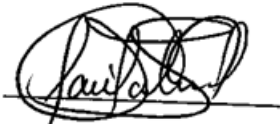

A handwritten signature in black ink, reading "Hugo Espinoza C." with a horizontal line underneath.

Hugo Guillermo Espinoza Carmilema.

060421174-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU “CLEANING IN PLACE” DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER**, realizado por el señor: **HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Katherine Gissel Tixi Gallegos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-04-12
Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-04-12
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2023-04-12

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de culminar la carrera con éxito, a mi padre Roberto por ser el pilar y el apoyo que siempre estuvo en mi camino, por ser la persona que me impulso siempre a seguir y esforzarme siempre por ser uno de los mejores y un hombre responsable reflejando siempre sus principios, a mi hermano Jorge que me enseñó que con esfuerzo y dedicación puedo retomar mi camino correcto que las segundas oportunidades existen y que uno tiene que darle sentido a la vida a su eterno compromiso y apoyo de hermanos que muchas veces me inspiro a seguir cuando decaía, a mis sobrinos Dariana y Dylan que verlos crecer en esta etapa fue una alegría al corazón y a cada persona que con su ayuda forjo un paso más para el final de esta primer gran meta.

Hugo

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con Dios por darme una nueva oportunidad para alcanzar este gran sueño. A mi familia por brindarme el apoyo y tener siempre fe en mis habilidades y por siempre creer en mí. Estoy muy agradecido con mi director de tesis el Ing. Paul Palmay y a mi asesora la Ing. Mónica Andrade por su apoyo, por su asesoría, su incondicional consejo y dedicación que gracias a sus conocimientos supieron guiarme al mejor desenlace para mi trabajo de integración curricular. A todos los docentes que formaron parte de mi educación y a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias y a la carrera muy especial de Ingeniería Química por ser el medio de lograr mi carrera ser un gran profesional.

Hugo

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY / ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	4

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. <i>El agua en la cerveza</i>	5
2.1.2. <i>Tratamiento del agua en la industria cervecera</i>	5
2.1.3. <i>Descripción del proceso de la elaboración de la cerveza Heisenbeer</i>	6
2.1.4. <i>Tipos de cerveza</i>	7
2.1.5. <i>Características de la cerveza</i>	7
2.1.6. <i>Parámetros que intervienen la calidad de la cerveza</i>	7
2.1.7. <i>Grado de alcohol</i>	7
2.1.8. <i>Cantidad de oxígeno</i>	7
2.1.9. <i>Contaminación en la cerveza</i>	8
2.1.10. <i>Puntos principales de contaminación</i>	8
2.1.11. <i>Barril contenedor de cerveza</i>	9
2.1.12. <i>Limpieza y sanitización</i>	10
2.1.13. <i>Definición de CIP</i>	10

2.1.14.	<i>Factores que garantizan la limpieza</i>	11
2.1.15.	<i>Agentes químicos de limpieza y desinfección</i>	11
2.2.	Referencias teóricas	12
2.2.1.	<i>Tipos de sanitización</i>	12
2.2.2.	<i>Tipos de unidades CIP</i>	13
2.2.3.	<i>Círculo de sinner</i>	16

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	20
3.1.	Localización del proyecto	20
3.2.	Metodología	20
3.3.	Análisis físicos	21
3.3.1.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	21
3.3.2.	<i>Temperatura</i>	21
3.3.3.	<i>Conductividad eléctrica</i>	21
3.3.4.	<i>Turbiedad</i>	21
3.3.5.	<i>Sólidos totales disueltos</i>	21
3.4.	Análisis químicos	22
3.4.1.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	22
3.4.2.	<i>Demanda química de oxígeno</i>	22
3.5.	Datos experimentales	22
3.5.1.	<i>Caracterización físico – química y microbiológica del agua según la NTE INEN 1108</i>	22
3.5.2.	<i>Variables implicadas en el lavado de barriles</i>	23
3.5.3.	<i>Parámetros de diseño</i>	24
3.5.4.	<i>Etapas del lavado</i>	25
3.5.5.	<i>Pruebas experimentales</i>	25
3.6.	Cálculos de ingeniería	26
3.6.1.	<i>Acción química</i>	27
3.6.2.	<i>Acción mecánica</i>	27
3.6.3.	<i>Temperatura</i>	32
3.6.4.	<i>Tiempo</i>	33
3.7.	Selección de materiales	33
3.7.1.	<i>Acero inoxidable AISI 316</i>	33
3.7.2.	<i>Aceite térmico</i>	33

3.7.3.	<i>Cabezal de llenado y espadín tipo A</i>	34
3.7.4.	<i>Manguera presión roja, agua-aire 3/4 "300 PSI</i>	35
3.7.5.	<i>Acople de manguera</i>	35
3.7.6.	<i>Válvula de mariposa</i>	36
3.7.7.	<i>Sensor de nivel</i>	36
3.7.8.	<i>Sensor de temperatura</i>	37
3.7.9.	<i>Bomba</i>	37
3.7.10.	<i>Intercambiador de calor</i>	38
3.7.11.	<i>PLC</i>	39
3.7.12.	<i>pHmetro</i>	40
3.8.	Validación del diseño	40

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	41
4.1.	Resultados	41
4.1.1.	<i>Resultados de los análisis del agua previo al lavado</i>	41
4.1.2.	<i>Resultados del análisis del lavado manual de barriles</i>	42
4.2.	Diseño del sistema de limpieza CIP	43
4.2.1.	<i>Parámetros de diseño</i>	43
4.2.2.	<i>Diseño de las etapas</i>	43
4.2.3.	<i>Cálculos de acción química</i>	44
4.2.4.	<i>Cálculos de acción mecánica</i>	44
4.3.	Distribución de tanques	53
4.4.	Lazos de control	54
4.5.	Automatización del sistema CIP	61
4.6.	Descripción de etapas	62
4.7.	Validación del sistema CIP	63

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Datos de aguas residuales en la industria cervecera.	5
Tabla 2-2: Datos del proceso de lavado manual de barril de 50 L.	18
Tabla 3-2: Datos del proceso de lavado manual de barril de 20 L.	19
Tabla 1-3: Características geográficas de la empresa Heisenbeer.....	20
Tabla 2-3: Análisis físico – químico – microbiológico del agua.....	22
Tabla 3-3: Tiempo estándar de lavado manual de barril.	23
Tabla 4-3: Concentración de soluciones y volumen total de lavado de barril.	24
Tabla 5-3: Variables implicadas en el diseño.	24
Tabla 6-3: Etapas del lavado manual de barriles.	25
Tabla 7-3: Datos de análisis de laboratorio.	26
Tabla 8-3: Flujo en Tuberías.....	27
Tabla 9-3: Dimensiones en Tuberías.	28
Tabla 10-3: Tolerancia del Acero inoxidable 316 contra los agentes químicos de limpieza.....	33
Tabla 11-3: Características de Shell Thermia Oil B.....	34
Tabla 12-3: Características técnicas de la válvula de mariposa.....	36
Tabla 13-3: Especificaciones técnicas del sensor RTD Pt 100.....	37
Tabla 14-3: Especificaciones técnicas de la bomba centrífuga.....	38
Tabla 15-3: Especificaciones técnicas del intercambiador tubular MF 80.....	39
Tabla 16-3: Especificaciones técnicas del PLC Micrologix 1500.....	39
Tabla 17-3: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	40
Tabla 1-4: Análisis físico – químico – microbiológico del agua.....	41
Tabla 2-4: Tiempo estándar de lavado de barril.	42
Tabla 3-4: Concentración de soluciones y volumen total de lavado de barril.	42
Tabla 4-4: Variables implicadas en el diseño.	43
Tabla 5-4: Etapas del lavado manual de barriles.	44
Tabla 6-4: Flujo en Tuberías.....	45
Tabla 7-4: Propiedades Físicas del Agua.	45
Tabla 8-4: Pérdida por accesorios	46
Tabla 9-4: Distribución de los tanques de almacenamiento.	54
Tabla 10-4: Sistema propuesto del sistema CIP.....	62
Tabla 11-4: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Barril contenedor de cerveza	10
Ilustración 2-2: Sistema CIP de ruta única.....	14
Ilustración 3-2: Sistema CIP de un solo uso.....	15
Ilustración 4-2: Sistema CIP de recirculación.....	16
Ilustración 5-2: Circulo de Sinner.....	17
Ilustración 1-3: Localización de la empresa Heisenbeer.	20
Ilustración 2-3: Barril contenedor de cerveza 50L.....	34
Ilustración 3-3: Manguera presión Roja, agua - aire.....	35
Ilustración 4-3: Acoples clamp para manguera.....	35
Ilustración 5-3: Válvula de mariposa	36
Ilustración 6-3: Sensor de nivel del tanque.....	37
Ilustración 7-3: Bomba centrífuga ½ Hp.....	38
Ilustración 8-3: Intercambiador de calor MF 80.....	38
Ilustración 1-4: Parte cónica del tanque de 32L	49
Ilustración 2-4: Tanque de 32L	49
Ilustración 3-4: Parte cónica del tanque de 25L	49
Ilustración 4-4: Tanque de 25L	50
Ilustración 5-4: Dimensiones finales de tanque de 25L.....	52
Ilustración 6-4: Dimensiones finales de tanque de 32L.....	52
Ilustración 7-4: Lazos de control de nivel de tanque.....	54
Ilustración 8-4: Diagrama de bloques del nivel del proceso de tanque de 32L.....	60
Ilustración 9-4: Diagrama de bloques del nivel del proceso de tanque de 25L.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE BOMBA CENTRIFUGA ½ HP

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DE ACOPLER CLAMP

ANEXO C: FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA DE MARIPOSA

ANEXO D: FICHA TÉCNICA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316

ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR MF-80

ANEXO F: FICHA TÉCNICA DE ACEITE TERMICO

ANEXO G: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SOSA CAUSTICA

ANEXO H: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE STAR SAN HB

ANEXO I: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

ANEXO J: NORMA NTE INEN 1108

ANEXO K: FICHA DE SEGURIDAD MANGUERA A ALTA PRESIÓN FRONTIER

ANEXO L: DISEÑO DE TANQUES

ANEXO M: DISEÑO PID DEL SISTEMA PROPUESTO CIP

ANEXO N: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL SISTEMA PROPUESTO CIP

RESUMEN

El diseño de un sistema CIP de lavado de barriles para la empresa Heisenbeer con el fin de reducir y mejorar el tiempo de lavado de los barriles y que tenga un lavado eficaz para ello se empleó un estudio experimental donde se realizó las características del agua antes y después del lavado con el fin de diagnosticar que el lavado se realizó de manera efectiva, se dimensionó las variables de control del sistema encontrando la temperatura, la acción mecánica, la concentración química y el tiempo de lavado, una vez encontrados los parámetros de control se dimensionó la estructura del sistema de lavado acorde a las necesidades de la empresa teniendo un sistema desacoplable por partes y movable, se diseñó y colocó específicamente cada vía de conductos y se definió el proceso de inicio de los dos programas, el sistema de lavado de barriles consta de 3 tanques de almacenamiento, de sosa, de ácido y agua de retorno de forma respectiva con capacidades de 20, 20 y 26 L , un sistema de distribución del cual forman parte válvulas, bombas centrifugas, un intercambiador de calor con aceite como fuente de calor, mangueras de alta presión, todo esto conectado a través de un sistema de tuberías, monitoreado con sensores de nivel y temperatura controlado por un PLC, teniendo con este sistema que lava dos barriles en 35 min y un total de 10 barriles en 2h55min, se recomienda usar complementos al sistema como un reductor de conductividad y carbón activado al final del circuito con el fin de reducir aún más los índices del agua previo al vertido por el alcantarillado.

Palabras clave: <SANEAR>, <SISTEMA CERRADO>, <HIDRÓXIDO DE SODIO>, <LAZOS DE CONTROL>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.

0750-DBRA-UTP-2023

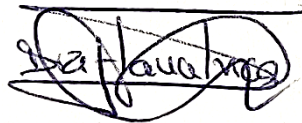


SUMMARY / ABSTRACT

The design of a CIP system for barrel washing for the Heisenbeer company in order to reduce and improve the barrel washing time with an effective washing. An experimental study was used where the characteristics of the water before and after the washing was carried out in order to diagnose that the washing was performed effectively, the control variables of the system were sized, finding the temperature, the mechanical action, the chemical concentration and the washing time, once the control parameters were found, the structure of the washing system was sized according to the needs of the company, having a decoupling system by parts and movable. The barrel washing system consists of 3 storage tanks, for soda, acid and return water respectively with capacities of 20, 20 and 26 L, a distribution system which includes valves, centrifugal pumps, a heat exchanger with oil as heat source, high pressure hoses, all connected through a piping system, monitored with level and temperature sensors controlled by a PLC. All this connected through a piping system, monitored with level and temperature sensors controlled by a PLC, having with this system that washes two barrels in 35 min and a total of 10 barrels in 2h55min. It is recommended to use complements to the system such as a conductivity reducer and activated carbon at the end of the circuit in order to further reduce the rates of the water prior to discharge into the sewer.

Key words: < SANITIZE>, <CLOSED SYSTEM>, <SODIUM HYDROXIDE>, <CONTROLLING AREAS>, <RIOBAMBA (CANTON)>.

0750-DBRA-UTP-2023



Dra. Nanci Margarita Inca Ch. Mgs.

0602926719

INTRODUCCIÓN

La limpieza y sanitización es importante en la industria, mucho más en la industria que está vinculada directamente con alimentos, así como la cervecería al tener que cumplir con normas sanitarias la limpieza y desinfección de los barriles de cerveza se vuelve un punto crucial, para garantizar una correcta limpieza y sanitización primero debemos entender su diferencia y los parámetros que garantizan la misma, la limpieza elimina los organismos de manera física de la materia orgánica esto se utiliza para remover, la sanitización se da por temperatura y químicos que se utiliza para eliminar los gérmenes en una superficie hasta que estos no representen ningún peligro a la salud. La temperatura, concentración química, tiempo y acción mecánica son los parámetros que debemos controlar para garantizar una correcta limpieza y sanitización, si aumentamos la temperatura podemos reducir la concentración química, si aumentamos el tiempo podemos reducir la acción mecánica, estas son variables que podemos manipular para adecuar el proceso a nuestra necesidad. La limpieza in situ o “Cleaning in place” (CIP) son sistemas cerrados de limpieza y sanitización que de manera automática y programada se suministra soluciones para enjuagar y lavar un equipo o en nuestro caso un barril, es un sistema diseñado para limpieza rápida, productiva y de alta calidad, así mediante las variables manipuladas garantiza una limpieza y sanitización.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En la cervecería artesanal la automatización es escasa, y para casi todo el proceso tiene que intervenir el hombre específicamente al no contar con un sistema de limpieza automatizado se ve en la necesidad de dedicar muchas horas al proceso. En las industrias ya sea alimentaria, química, farmacéutica o cosmética uno de los principales problemas es la contaminación, lo que nos lleva a la necesidad de diseñar un correcto sistema de limpieza, por tal razón al incorporar en la línea de proceso un sistema de lavado CIP (Cleaning in Place) se hace circular por un determinado tiempo una solución de diferentes productos químicos a diferentes temperaturas, presiones y fuerza mecánica mediante un entramado de tuberías y depósitos.

Cada industria implementa diferentes parámetros y variables de funcionamiento en base al producto y al nivel de limpieza que necesitan llegar, las rutinas de limpieza deficientes son una causa raíz conocida de los incidentes de inocuidad de los alimentos, se estima que el 75 % de las limpiezas que se ejecutan a diario en la industria alimentaria no están debidamente validadas y mal documentadas. Los tiempos de preparación de los barriles para la posterior maduración de la cerveza Heisenbeer conlleva uno de los procesos más largos de la línea de producción, al ser necesario desmontar completamente los barriles para la limpieza manual de cada uno de sus componentes, este proceso llega a durar hasta 1 hora por cada barril.

En el proceso productivo de la cerveza artesanal, el proceso de lavado y limpieza utiliza casi el 70% de agua dentro de todo el proceso, ya que se necesita un flujo constante de agua para remover residuos, neutralizar reactivos químicos y enjuagar las soluciones empleadas en el proceso de lavado. Es necesario implementar un sistema CIP para la empresa ya que está diseñado para eliminar productos residuales y biopelículas de las líneas y equipos de procesamiento utilizando un fluido de limpieza turbulento, sin necesidad de desmantelar el equipo, al realizar el lavado de manera manual intervienen y aumentan diferentes factores como el tiempo necesario para desarmar y limpiar cada uno de los componentes del barril de manera manual, la mano de obra ya que es necesario mínimo 3 o 4 personas para iniciar el proceso de lavado de barriles, los recursos de limpieza, al realizar los lavados de manera manual siempre existen derrames o pérdidas de productos de limpieza y reactivos lo que conlleva a una mayor demanda de productos para la limpieza.

1.2. Justificación

Los sistemas de limpieza in situ (CIP) están diseñados para automatizar el proceso de limpieza de circuitos de plantas o tuberías sin desmontar ni abrir el equipo, limpiar y desinfectar eficientemente los equipos en un procedimiento cerrado, acortando así el tiempo requerido. El proceso implica el chorro o la circulación de diferentes soluciones de limpieza a través del circuito en condiciones de mayor turbulencia y velocidad de flujo. Los efectos combinados de los reactivos químicos, la turbulencia, la presión, la energía, la temperatura por el tiempo necesario ayudan a eliminar sólidos, desechos y microorganismos de los barriles, puesto que el flujo de fluido turbulento durante CIP genera fricción mecánica, lo que ayuda a limpiar la superficie sin necesidad de limpieza manual por parte del operador, además de utilizar detergentes y desinfectantes a mayor concentración y temperatura, así como la recuperación y recirculación de las soluciones de limpieza.

Teniendo en cuenta el problema, el presente proyecto técnico se basa en diseñar un sistema de limpieza in situ CIP para la empresa Heisenbeer, satisfaciendo la necesidad que tiene la misma para automatizar el proceso de limpieza sin desmontar ni abrir el barril, limpiar y desinfectar eficientemente en un proceso cerrado, acortando así el tiempo requerido. La automatización de estos sistemas también permite obtener resultados seguros y reproducibles, así como también la optimización económica del proceso. La seguridad alimentaria garantizada y reducción del tiempo de producción beneficiarán tanto la tranquilidad como la rentabilidad de la empresa Heisenbeer. La implementación de regímenes CIP verificados y validados ha llevado a mejoras en la limpieza e higiene de la planta, y en la seguridad, calidad y vida útil del producto terminado, este sistema garantiza un control repetitivo de los parámetros, evitar la manipulación manual de productos químicamente peligrosos, optimizar el consumo de agua, disponibilidad de trazabilidad en cada limpieza, optimizar recursos energéticos. Debido a esto es necesario que en una línea de producción artesanal se implemente y se cuide cualquier posible punto de contaminación, esto beneficia a la empresa para disminuir las pérdidas de producto por contaminación y a la directa clientela de disfrutar un producto libre de contaminantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de limpieza in situ CIP “Cleaning in place” para el enjuagado, lavado y desinfección de barriles para la empresa Heisenbeer.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización físico - química y microbiológica del agua previo la implementación del sistema de limpieza con base a la norma NTE INEN 1108.
- Analizar las variables implicadas en el lavado de barriles en función de parámetros como tiempo de lavado, tiempo de recirculación, temperatura, concentración, presión y flujo necesario para diseñar dos programas de lavado en el sistema CIP.
- Establecer los cálculos de ingeniería con base en los parámetros de diseño para dimensionar el sistema CIP.
- Validar el diseño propuesto de limpieza in situ CIP "Cleaning in place" mediante la caracterización físico - química del agua de vertido con base a la normativa TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *El agua en la cerveza*

El agua es un recurso vital para la industria alimentaria, si conocemos la cantidad y calidad de agua utilizada se puede plantear alternativas para reducir y optimizar ese producto, además se puede determinar requerimientos iniciales en función del producto a elaborar (Muñoz Lucas y Sánchez García 2018, p. 158). El agua es un recurso vital para la industria alimentaria, si conocemos la cantidad y calidad de agua utilizada se puede plantear alternativas para reducir y optimizar ese producto, además se puede determinar requerimientos iniciales en función del producto a elaborar (Muñoz Lucas y Sanchez García 2018, p. 158). En todo proceso de producción además del producto se origina un desecho después de finalizado el proceso, los desechos se controlan por la normativa vigente y tienen que ser tratados previo a su desecho, de manera que no afecte en el ambiente. En la industria Cervecera existe un desecho final, un efluente con alta carga de materia orgánica y otras sustancias (Suher et al. 2009, p. 18).

2.1.2. *Tratamiento del agua en la industria cervecera*

Una gran parte del agua en la industria cervecera representa las aguas residuales que van desde un 65% hasta un 80% del agua total consumida en el proceso (Muñoz Lucas y Sánchez García 2018, p. 162). En estas aguas existe presencia de carga iónica elevada, pero fácilmente biodegradable, sólidos en suspensión y soluciones de lavado con pH fuertemente alcalino. Usualmente las características de las aguas residuales de la producción de la cerveza requieren tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado o a cauce natural, aunque al tener un efluente de agua continuo hace que las características como DQO, SS, pH, disminuyan ya que son los valores que más se acercan al máximo permitido o que sobrepasan los valores permitidos por la normativa (Muñoz Lucas y Sanchez García 2018, p. 162).

Tabla 1-2: Datos de aguas residuales en la industria cervecera.

Parámetros	Valores aproximados
Vol. de agua residual (hL/hL cerveza)	3,5-8
DBO (kg DBO/hL cerveza)	0,6-1,8
Sólidos en suspensión /kg DBO/Hl cerveza)	0,2-0,4

DBO/DQO	0,58-0,66
Nitrógeno (mg/l)	30-100
Fósforo (mg/l)	30-100

Fuente:(Muñoz Lucas y Sanchez García 2018, p. 162)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

2.1.3. Descripción del proceso de la elaboración de la cerveza Heisenbeer

El proceso de elaboración de cerveza debe tener un riguroso cuidado y tener controlado cada una de las etapas en todo momento. El proceso se divide en diferentes etapas, molienda, macerado, filtrado, cocción y fermentación. Para empezar el proceso se muele la malta, el grano pesado y triturado previamente se mezcla con agua a aproximadamente 65.5 °C (150 ° F) para convertir los almidones en azúcar, la que dejamos alrededor de una hora en el proceso de maceración. El proceso de filtrado comienza con la malta circulando hacia la olla de filtrado la cual posee en su interior una malla enorme que puede hacer la función de un colador, esta no está topando directamente el fondo, el mosto se queda en la malla y se comienza a recircular el mosto hasta que se aclare la malta esto durante aproximadamente 30 min. En la cocción una vez que ya se ha clarificado el regresa al equipo inicial y vuelve a hervir el producto, después pasa por el lavado y con agua sacan la mayor cantidad de azúcares de la malta, se adiciona el primer lúpulo de amargor, el segundo de sabor después de una hora dependiendo el producto deseado y el tercero del aroma al finalizar la cocción. Al acabar la cocción necesitamos hacer uno de los puntos de cuidados más importantes que es el enfriamiento rápido, mediante un enfriador de placas, en el cual entra la malta hirviendo y por otro lado entra agua para causar el choque térmico y se enfría hasta 18 grados. Una vez que alcanza la temperatura de 18 grados el mosto, debe permanecer en esa temperatura y tiene que ser estrictamente controlado ya que es muy susceptible a contaminación, en el fermentador todos los azúcares que se liberaron con la cocción se añade levadura, una vez que es activada con agua mantener todo limpio y con un cerrado hermético es primordial para mantener sanitizado, posterior a esto la levadura se come los azúcares y lo transforma en alcohol y en CO₂. Después de 7 días y controlado su densidad continua, se purga la levadura en el equipo que esta sedimentada al final del equipo. En la maduración las pocas levaduras que quedan le dan características ligeras a la cerveza, se reposa el producto en el fermentador 7, 14 o 21 días dependiendo el producto final deseado. Acabado ese proceso se puede pasar a los barriles el producto terminado. Este producto tiene en pocas cantidades CO₂, así que realizamos carbonatación forzada mediante una válvula directamente a los barriles para que a presión el líquido absorba el gas.

2.1.4. Tipos de cerveza

La empresa Heisenbeer ofrece 3 diferentes tipos de cerveza cada una con una característica especial, las cervezas producidas por Heisenbeer se enlistan en American Pale Ale (Cerveza Rubia), Irish Red (Cerveza Roja), Stout (Cerveza Negra).

2.1.5. Características de la cerveza

La cerveza y sus características van a variar dependiendo de la materia prima que se utilizó para su elaboración, los procesos que atravesó, el tiempo que se fermento y el embotellado (Torres 2012, p. 7).

2.1.6. Parámetros que intervienen la calidad de la cerveza

Todo parámetro fisicoquímico de calidad son los que se debe cuidar para la elaboración de la cerveza, estos parámetros controlan o cambian factores como el aroma, sabor, cuerpo, color y calidad de espuma (Torres 2012, p. 10).

2.1.7. Grado de alcohol

Este porcentaje se lo mide en relación con el volumen, esto se usa comúnmente para detallar la concentración de una solución.

$$\text{Volumen porcentaje} = \frac{\text{Volumen soluto}}{\text{Volumen solución}} * 100$$

Para las cervezas según la norma INEN 2262 pone un límite de máximo 5.0 contenido de grado alcohólico (Instituto Ecuatoriano de Normalización 2262, 2011).

2.1.8. Cantidad de oxígeno

Uno de los componentes que más reacciones químicas produce en la cerveza es el oxígeno, ya que puede degradar la calidad de cerveza. Los parámetros que se ven afectados por la exposición al Oxígeno son el aroma y el sabor por eso en el proceso se mantiene rigurosos cuidados para que no tenga contacto con el oxígeno del ambiente (Torres 2012, p. 13).

2.1.9. Contaminación en la cerveza

El cuidado para evitar la contaminación en la industria cervecera es muy riguroso, todo esto para no tener accidentes por presencia microbiológica ya que tendríamos una pérdida del 100 % del producto. Los microorganismos pueden reproducirse de manera extraordinaria y sin control si tienen las condiciones favorables, produciendo así la biocontaminación teniendo la necesidad de eliminarla o mínimamente controlarla, conocer la manera de mitigar este riesgo es la mejor manera de optimizar el proceso y con esto el producto final. Para controlar la biocontaminación debe existir limpieza tanto en los equipos e insumos como en las instalaciones de producción. En la industria cervecera un ambiente estéril es un completo desafío, por eso se debe minimizar la presencia de microorganismos con un diseño adecuado de la empresa y una práctica de limpieza continua y adecuada, ya que si se llega a tener presencia de microorganismos contaminantes afecta el rendimiento del producto, y las características de este (Davies et al. 2015, p. 222).

La cerveza propiamente es un ambiente hostil para la presencia de un microorganismo, tiene una composición química que difiere con las necesidades que normalmente necesitaría un microorganismo para subsistir, contiene etanol, amargor del lúpulo, dióxido de carbono por el proceso de carbonatación y una reducida cantidad de oxígeno y solo un puñado de sustancias que podrían ser utilizadas como nutriente como glucosa y maltosa. Entonces el medio por el cual tenemos contaminación en una cerveza es en el mosto, este ambiente es mucho más propicio ya que tiene nitrógeno amínico libre y azúcares fermentables que son necesarios para el para la levadura de cerveza, pero también para otros microorganismos indeseables, aun capaces de desarrollarse a través de las etapas de la elaboración de la cerveza algunos no pueden acoplarse y convertirse en contaminantes (Davies et al. 2015, p. 222).

2.1.10. Puntos principales de contaminación

2.1.10.1. Materias primas

En la cerveza la entrada de microorganismos contaminantes puede venir de las materias primas como la malta o lúpulo, además de contaminantes imprevistos en el ambiente. El Agua que será utilizada en el proceso de elaboración tiene que ser tratada y purificada para estar libre microbiológicamente, esto debe tener parámetros libres de coliformes y conteo de los microorganismos totales. Ambos parámetros estandarizan que el agua está libre de presencia fecal y que la carga microbiana está dentro de parámetros para el uso (Viruega Sevilla 2018, p. 37).

2.1.10.2. Mosto

Al ser rico en nutrientes es una vía ideal para que las bacterias se propicien, tiene necesariamente que ser almacenado por debajo de los 55 °C, ya que si el lúpulo se contamina puede provocar acidez y esto afectaría el sabor del producto final (Latorre et al. 2022, p. 9).

2.1.10.3. Fermentación

Una vez que se inicia la inoculación si no se utiliza cultivo puro, pueden entrar en contacto toda una variedad de levaduras salvajes y bacterias, ya que estas levaduras salvajes se adaptan a las condiciones en las que se elabora la cerveza. Estas bacterias crecen en las primeras etapas de la fermentación y entonces las características finales de la cerveza cambian, al variar las concentraciones de pH y concentración de etanol su sabor se altera y es significativo como para considerar inclusive desechar el producto (Latorre et al. 2022, p. 3).

2.1.10.4. Almacenaje

Incluso al completar el proceso de fermentación y embotellado un error puede conllevar a la contaminación, aunque en este punto del proceso la cantidad de bacterias que pueden presentar un problema es mínimo. Esto debido al bajo pH, a que ya existe el etanol, la presencia de hidratos de carbono y las condiciones anaeróbicas propias al embotellamiento (Viruega Sevilla, 2018, p. 40).

2.1.11. Barril contenedor de cerveza

El barril que se usa en la empresa Heisenbeer para almacenar la cerveza una vez a concluido su fermentación es un barril estándar de acero inoxidable tipo KEG-50 DIN entre sus piezas que se incluyen se tiene un acoplador de tipo A con un espadín para el llenado con una presentación de 50 Litros y 20 Litros se usan para almacenar bebidas a alta presión cumpliendo con la norma DIN 6647-1 (Czech 2019).



Ilustración 1-2: Barril contenedor de cerveza

Fuente: (Czech 2019).

2.1.12. Limpieza y sanitización

Es necesario mantener una correcta limpieza y sanitización en toda industria alimentaria o que sea responsable de producir un producto que se va a consumir ya que tiene que cumplir con muchos parámetros, normas de calidad y leyes vigentes en el país. La limpieza se define como la separación de dos o más sustancias, que se encuentran unidas de manera física y que después de la separación la superficie quedara limpia, como condición se especifica que existen limpieza en una superficie cuando no se perjudica o ralentiza los procesos contiguos y que la limpieza asegura la completa pureza del producto que entre en contacto próximamente con esta superficie, la sanitización tiene un principal objetivo y es tener una superficie de contacto que sea biológicamente limpia. Teniendo la eliminación efectiva de microorganismos con el fin de impedir su transmisión (Viruega Sevilla 2018, p. 41-43).

2.1.13. Definición de CIP

De las siglas CIP en ingles significa “Cleaning in Place” que traducido al español “limpieza en el lugar” o “limpieza in situ” es un método de limpieza que se realiza automáticamente y se aplica para eliminar residuos de elementos complejos de equipos, circuitos y tuberías sin desmontar ni abrir el equipo. Es un sistema de limpieza diseñado para brindar una limpieza rápida, productiva, consistente y reproducible de alta calidad de todas las superficies en contacto con el producto hasta un nivel predeterminado de limpieza, mediante la circulación de soluciones químicas (detergentes y desinfectantes) y agua de enjuague a través de tanques y tuberías de un sistema de alimentos en la planta de procesamiento que permanece ensamblada en su configuración de

producción, y mediante chorro o rociado de las superficies de contacto del producto en condiciones de mayor turbulencia y velocidad de flujo (Moerman, Rizoulières y Major 2013a, p. 1).

2.1.14. Factores que garantizan la limpieza

Para limpiar todo el equipo y el sistema de tuberías en un tiempo óptimo, un sistema CIP tiene como objetivo combinar diferentes factores, los beneficios de la alta temperatura de la solución (Energía térmica) y la actividad química de los detergentes químicos (energía química) con la acción mecánica causada por la turbulencia, flujo e impacto del spray/chorros de solución limpiadora sobre las superficies de los equipos (energía mecánica) por un determinado tiempo para que la exposición sea la adecuada (tiempo de contacto) (Viruega Sevilla 2018, p. 80).

2.1.15. Agentes químicos de limpieza y desinfección

A consideración un proceso de limpieza óptimo consta de tres principales pasos:

1. Desplazamiento de la suciedad orgánica y/o inorgánica del sustrato del equipo mediante reacciones químicas y procesos físicos.
2. Dispersión de la suciedad en el medio de limpieza.
3. Prevención de la redeposición del suelo sobre el sustrato.

El primer paso requiere un agente químico de limpieza con un excelente poder humectante para reducir la tensión superficial del medio de limpieza y ayudar al líquido de limpieza a penetrar en la suciedad y los poros de la superficie. La solubilización de la suciedad puede incrementarse porque los detergentes pueden dispersar y secuestrar, respectivamente, la suciedad orgánica e inorgánica. El segundo paso requiere productos químicos detergentes con excelente poder de suspensión y emulsión para poner en suspensión la suciedad insoluble y mantener los aceites y grasas dispersos dentro de la solución de limpieza. Para evitar la redeposición del suelo, las propiedades de dispersión y secuestro involucradas en el primer y segundo paso se abordan nuevamente. Se debe seleccionar un detergente especial para eliminar los residuos y suciedad de la cerveza escogiendo un detergente de tipo alcalino, neutro o ácido (Viruega Sevilla 2018, p. 43).

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Tipos de sanitización

2.2.1.1. Mediante calor

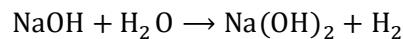
Agua Caliente. - El agua caliente muy cerca del punto de ebullición es un agente excelente para sanitización al entrar en contacto directamente con una superficie ya sea abierta o cerrada aseguran sanitización contra coliformes. Existen diferentes tipos de aplicación o sistemas de distribución y es que al ser los equipos industriales completamente de acero inoxidable las piezas metálicas son excelentes conductoras de calor (Lema 2007, p. 5).

2.2.1.2. Mediante agentes químicos

Podemos dividir los agentes químicos en ácidos alcalinos y neutros.

Alcalinos. – Un agente químico alcalino es usado con normalidad para eliminar sustancias orgánicas aquí pueden intervenir diversos compuestos químicos (Viruega Sevilla, 2018, p. 45).

Hidróxido de sodio (NaOH). – Es usado por su enorme capacidad de hidrolizar las grasas y proteínas, además de que tiene un precio accesible y es de fácil acceso. La reacción del hidróxido de sodio con el agua es exotérmica, es decir, desprender calor. El hidróxido de sodio es considerado una base fuerte y puede disociarse completamente en una solución acuosa. El calor generado en la reacción se debe a la estabilidad de los iones OH. El calor se emite como resultado de que las especies químicas se lleven a un estado de menor energía. Este fenómeno es lo suficientemente fuerte como para que los cristales de hidróxido de sodio actúen como desecante (Viruega Sevilla, 2018, p. 45).



Agentes Oxidantes. – Forman parte de este grupo los hipocloritos y los peróxidos, estos compuestos aportan para la desinfección su capacidad oxidante para eliminar suciedad insoluble, la que se extiende por donde toca, pero se corre el riesgo de crear corrosión en el acero, por eso se añade polisilicatos o fosfonatos para evitar la corrosión en los equipos o instrumentaría hecha de acero inoxidable (Viruega Sevilla, 2018, p. 46).

Amonio Cuaternario. – Este químico no compromete al acero inoxidable al ser no corrosivo es otro agente sanitizante importante pero su capacidad bactericida varía con la dureza del agua en el que fue preparado, son eficaces contra algunas bacterias (Lema 2007, p. 7).

Neutros. – Se usan cuando se presenta corrosión en la superficie por usar detergentes con hidróxidos ya sea de sodio o de potasio, cuando se tiene un problema de pH se utilizan componentes como los fosfatos, fosfonatos y citratos que su capacidad es superior a la de los

hidróxidos, pero también más costosos y difíciles de adquirir, también se usan enzimas como proteasas, lipasas y amilasas que pueden eliminar proteínas, grasas y almidón (Viruega Sevilla 2018, p. 47).

2.2.1.3. Sanitizante

El sanitizante que se utiliza en la empresa Heisenbeer es STAR SAN HB, este producto es una mezcla de ácido fosfórico 50% y ácido dodecibencenosulfónico 5-15%, es eficaz en la esterilización para barriles de cerveza y vino. Se disuelve entre 15 y 25 mL de sanitizante en 10 L de agua (Five Star Chemicals 2009).

2.2.1.4. Desinfectantes

Son suministrados al final del proceso de lavado, tienen la capacidad de eliminar microorganismos al contacto directo con solo la necesidad de segundos para actuar algunos incluso se pueden dejar sobre la superficie como una superficie protectora no es necesario enjuagarlos (Davies et al. 2015, p. 235).

2.2.2. Tipos de unidades CIP

Cada sistema CIP comúnmente tiene uno o más tanques, una bomba de suministro y recirculación, bombas dispensadoras de agentes químicos de limpieza, un intercambiador de calor para elevar la temperatura de las soluciones, tuberías por donde va a circular las soluciones, válvulas e instrumentación que controle temperatura y conductividad y un sistema de control semiautomático (Moerman, Rizoulières y Majoor 2013b, p. 13).

En el mercado se presenta hasta tres tipos de unidades CIP:

- Sistema CIP de ruta única.
- Sistema CIP de un solo uso.
- Sistema CIP de recirculación.

2.2.2.1. Sistema CIP de ruta única

En este tipo de sistema se incorpora una solución de limpieza desde un solo tanque lleno de agua al que se dosifican agentes de limpieza. No existe recirculación por lo que las soluciones de lavado y enjuague no regresan a la instalación CIP, toda solución de limpieza se drena. Por lo tanto, no forma parte de la siguiente operación en el sistema, no se necesita una inversión grande en equipo, su principal desventaja es que sus costos de energía, agua y agentes químicos se elevan ya que se

necesita un gran afluente y suministrar tratamiento al agua y eliminación de desechos. Aumenta incluso su tiempo ya que se tiene que preparar una nueva solución de limpieza en cada uso, además que es difícil de monitorear y validar (Moerman, Rizoulières y Majoor 2013b, p. 13).

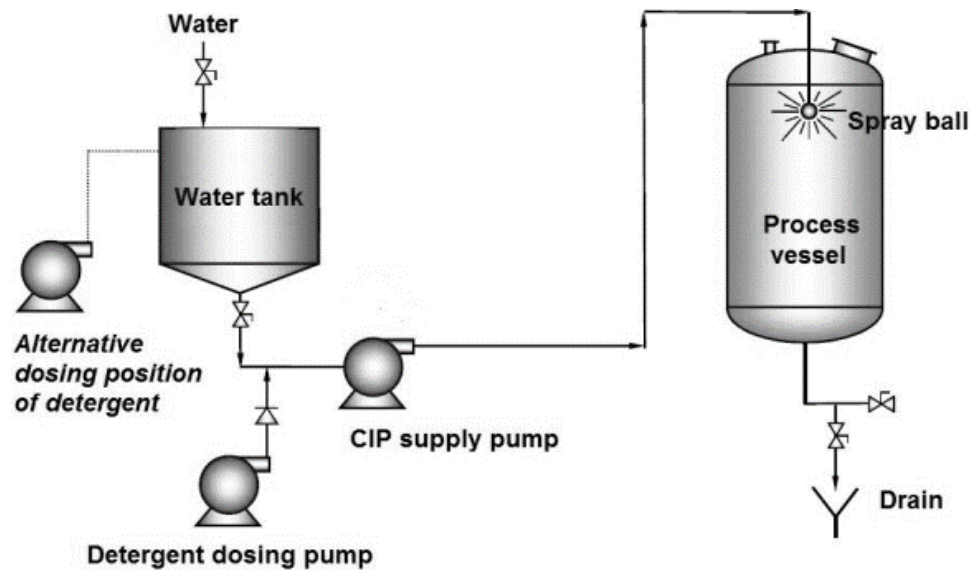


Ilustración 2-2: Sistema CIP de ruta única

Fuente: (Moerman et al., 2013).

Este tipo de sistema de limpieza se recomienda en plantas pequeñas en donde no se tenga la necesidad de repetir muchas veces o cuando el riesgo de contaminación cruzada es alto, se utiliza comúnmente en la industria farmacéutica (Lorenzen, 2005).

2.2.2.2. Sistema CIP de un solo uso

Son sistemas pequeños de diseños simple y una baja inversión inicial y aplicación flexible. Son utilizados en la industria farmacéutica ya que es alta la probabilidad de contaminación cruzada que existe si se utilizaran recirculación para las soluciones de limpieza. Este sistema funciona para volúmenes más pequeños o para equipos pequeños que están muy sucios, estos sistemas usan la solución solo una vez con la menor concentración posible y es descargada al alcantarillado directamente. En ocasiones se instala un depósito de agua adicional para la recuperación del agua del último proceso, que puede utilizarse o incorporara sistemas de recuperación de agua de las soluciones de limpieza usadas (Moerman, Rizoulières y Majoor 2013b, p. 14).

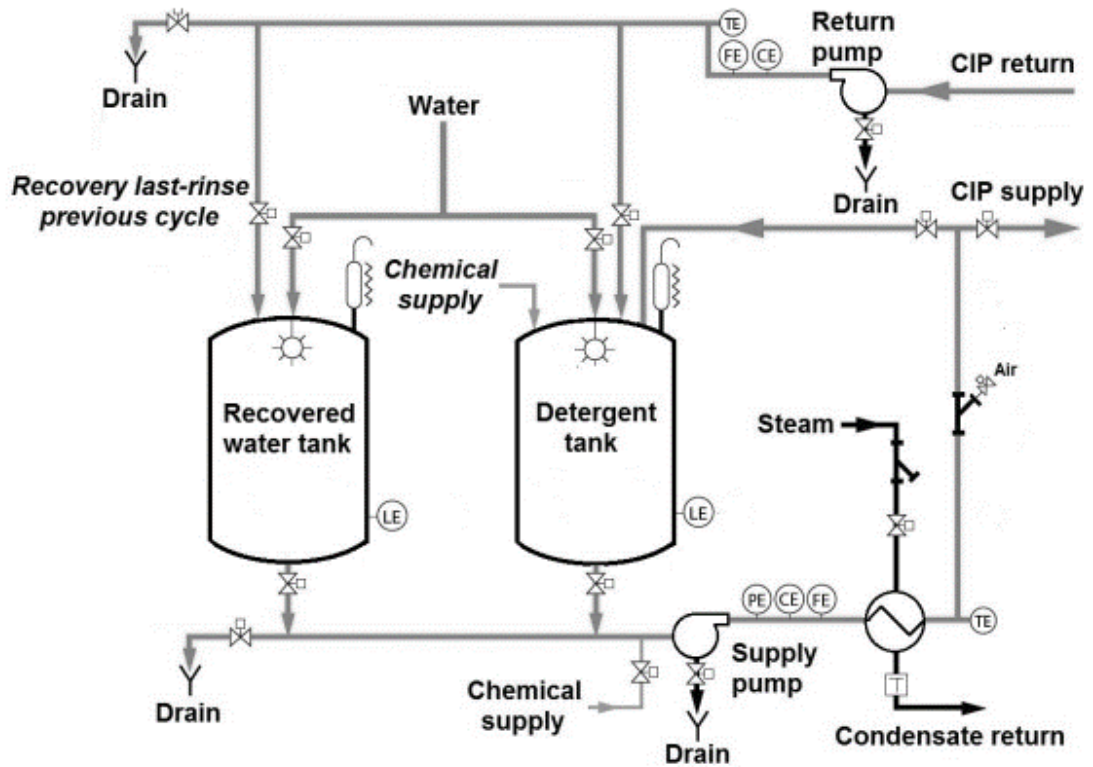


Ilustración 3-2: Sistema CIP de un solo uso.

Fuente: (Moerman et al., 2013).

2.2.2.3. Sistema CIP de recirculación

Este sistema es más completo y complejo consta de tanques causticos, un tanque de ácido, un tanque de recuperación de agua (en donde se almacena el agua del último enjuague del ciclo anterior de limpieza, que se va a utilizar en la etapa de Pre-enjuague para el próximo ciclo de limpieza) y un tanque que contiene agua para el enjuague final. Todos estos tanques están interconectados por tuberías, provistas de válvulas y colectores equipados con bombas de suministro o y retorno CIP. Desde los contenedores, las bombas dosificadoras alimentan cantidades medidas de productos químicos de limpieza cáusticos o ácidos concentrados directamente al tanque de ácido y cáustico lleno de agua, o estos productos químicos se inyectan en línea en un circuito de preparación. Un circuito de preparación es un sistema muy eficiente, especialmente cuando los tanques de ácido y sosa cáustica de la estación CIP son altos. Para estaciones CIP grandes, cada tanque (tanques cáusticos, ácidos y de agua) está equipado con su propio circuito de preparación. El contenido de cada uno de los tanques CIP se mezcla mediante recirculación sobre el tanque CIP correspondiente a través de la bomba de suministro/recirculación CIP. Para llevar y mantener las soluciones de limpieza con la concentración adecuada, se utilizan sensores de conductividad porque la conductividad es proporcional a la concentración de detergente. Los productos químicos detergentes generalmente

se alimentan directamente según la señal del sensor de conductividad. El circuito de recirculación también está equipado con un intercambiador de calor de placas o tubos para calentar las soluciones a la temperatura deseada o para mantener las temperaturas requeridas para las soluciones CIP. Alternativamente, se puede aplicar calentamiento en el tanque por medio de un serpentín de calentamiento o inyección directa de vapor en el tanque o circuito de preparación. Si se utiliza un intercambiador de calor externo, el suministro de vapor a este intercambiador de calor está controlado por la señal de temperatura del sensor de temperatura ubicado en el circuito de recirculación sobre el tanque de detergente CIP ácido o cáustico, respectivamente. La recirculación continúa hasta que la solución de limpieza recibe la concentración química y la temperatura adecuadas para iniciar el proceso CIP. Esta recirculación se puede realizar ya sea por gravedad si es factible o mediante una bomba de retorno CIP de baja velocidad. Esta recirculación puede ir a uno de los tanques CIP o desviarse al drenaje si es el final del sistema de limpieza, estos sistemas están programados para desechar una pequeña parte de la solución al final de cada ciclo de limpieza para eliminar continuamente la solución sucia del sistema. A esto lo acompaña el suministro de agua dulce para llevar el tanque de solución al nivel de funcionamiento normal, esto es útil mayormente en plantas de proceso donde las partes del equipo de proceso no están muy sucias. (Moerman, Rizoulières y Majoor 2013b, p. 16).

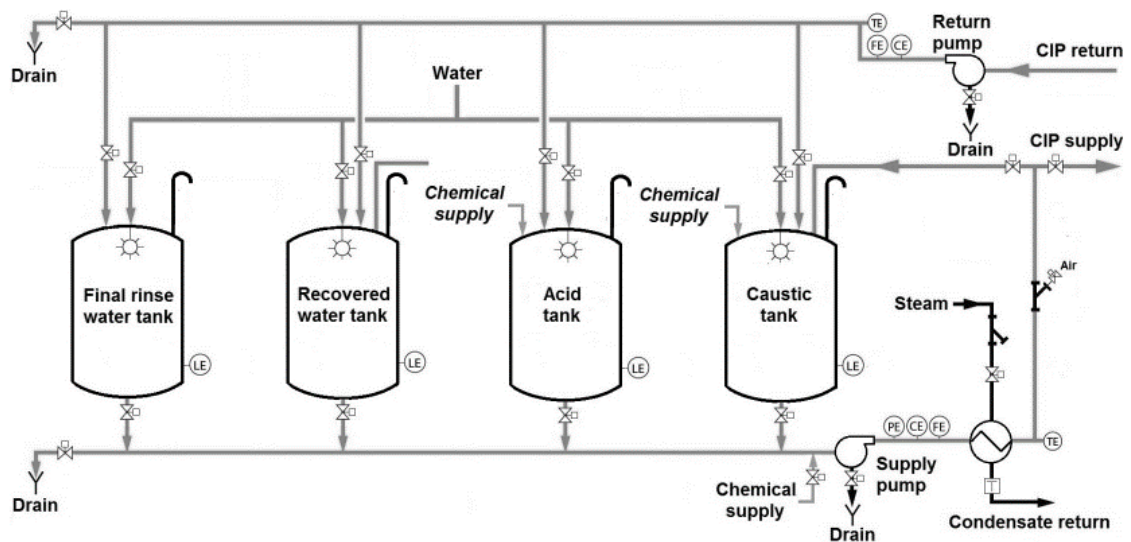


Ilustración 4-2: Sistema CIP de recirculación.

Fuente: (Moerman et al., 2013).

2.2.3. *Circulo de sinner*

Cuatro factores intervienen y se combinan entre sí para completar la limpieza perfecta, la acción química, la temperatura, la acción mecánica y el tiempo. Estos cuatro elementos completan y forman el Circulo de Sinner esto es de importancia en el sector de la limpieza (Emona, Máquinas y Equipos, 2014). Si variamos un elemento los demás se ven afectados. Cada industria empleara

diferentes parámetros de limpieza dependiendo el producto o equipo a limpiar y el nivel de limpieza al cual queremos llegar (Sagafluid 2017).



Ilustración 5-2: Circulo de Sinner.

Fuente: (Emona, Máquinas y Equipos, 2014).

2.2.3.1. Acción química

Es un conjunto de agentes químicos que son empleados en cada acción de limpieza. Esta acción es fundamental hay que utilizar un químico que se adapte a cada tipo de limpieza y administrarlo en dosis recomendadas por fabricantes. Esta es la mejor manera para evitar cualquier daño al entorno, superficie ni a la salud (Davey, Chandrakash y O'Neill 2013, p. 8). La concentración química es uno de los parámetros que no podemos controlar automáticamente ni monitorear una vez que el equipo está en funcionamiento, pero se puede tomar en cuenta la temperatura para que los químicos sean añadidos y así controlar la concentración de las soluciones tanto de sosa caustica como de Star San HB (Zendejas Rodríguez 2016, p. 13).

2.2.3.2. Acción mecánica

Es la acción física que se usa para eliminar la suciedad, ya sea con cepillos o en el caso de un equipo mediante rociadores y movimiento a presión, en forma de agitación, restregado, flujo o rociado a alta presión que afectara la acción del compuesto de limpieza y la separación física de la suciedad de la superficie (Davey, Chandrakash y O'Neill 2013, p. 8).

2.2.3.3. Temperatura

Influye directamente en la efectividad del agente químico utilizado, deberá elevarse hasta el punto necesario para usar y no sobrepasarlo ya que existen algunos agentes que pueden tener el efecto

contrario y fijar más la suciedad al sobrecalentarse o no resiste las altas temperaturas que puede llegar a tener el agua (Davey, Chandrakash y O'Neill 2013, p. 8).

2.2.3.4. Tiempo

Vinculado directamente al tipo de superficie que vamos a limpiar, el tiempo que este sucio y la acumulación que existe, el producto que se va a emplear ya sea de manera manual o mediante un equipo. Se requiere tener una formulación correcta de los químicos y conocimiento adecuado de la superficie a limpiar para maximizar la calidad de la limpieza (Emona, Máquinas y Equipos, 2014).

2.2.3.5. Lavado manual de barriles

Pasos de lavado de barriles manualmente, barriles de 50 y 20 litros:

1. Calentar el agua que será utilizada para preparar la solución desinfectante.
2. Despresurización del barril.
3. Desarmado del barril.
4. Desecho de residuos.
5. Pre-enjuague del barril y espadín (Este paso se repite 2 veces).
6. Preparación de la solución alcalina para desinfección.
7. Lavado del barril con solución alcalina.
8. Enjuague del barril con agua potable para neutralizar la solución alcalina (este paso se repite 2 veces)
9. Prepara la solución sanitizante.
10. Lavado del barril con solución sanitizante.
11. Reensamble del barril.
12. Presurizado con CO₂.

A continuación, expondré los valores obtenidos del proceso de lavado manual de los barriles

Tabla 2-2: Datos del proceso de lavado manual de barril de 50 L.

Factores para la limpieza	Descripción	Rangos	Unidades	Referencias
Acción Química	Concentración de las soluciones alcalinas y de sanitización.	0.5 % - 2%	$\frac{ml}{L}$	(Cerveza Gredos 2013)
Acción Mecánica	Tiempo de recirculación de las soluciones al interior del barril.	6 – 8	min	(Murillo 2021)
Temperatura	Temperatura de agua para preparación de soluciones detergentes y sanitizantes.	50 – 70	°C	(Zendejas Rodríguez, 2016, p. 13) (Davey et al., 2013, p. 8)

	Temperatura de agua para enjuague de barriles	25	°C	(Lema 2007, p. 13)
Tiempo	Tiempo total de lavado de los barriles	25 – 35	<i>min</i>	(Zendejas Rodríguez, 2016, p. 13) (Davey et al., 2013, p. 8)
	Tiempo muerto	30	<i>min</i>	(Zendejas Rodríguez, 2016, p. 13) (Davey et al., 2013, p. 8)

Realizado por: Espinoza, Hugo, 2022.

Tabla 3-2: Datos del proceso de lavado manual de barril de 20 L.

Factores para la limpieza	Descripción	Rangos	Unidades	Referencias
Acción Química	Concentración de las soluciones alcalinas y de sanitización.	0.5 % - 2%	$\frac{ml}{L}$	(Cerveza Gredos 2013)
Acción Mecánica	Tiempo de recirculación de las soluciones al interior del barril.	3 – 6	<i>min</i>	(Murillo 2021)
Temperatura	Temperatura de agua para preparación de soluciones detergentes y sanitizantes.	50 – 70	°C	(Zendejas Rodríguez 2016, p. 13) (Davey, Chandrakash y O'Neill 2013, p. 8)
	Temperatura de agua para enjuague de barriles	25	°C	(Lema 2007, p. 13)
Tiempo	Tiempo total de lavado de los barriles	25 – 35	<i>min</i>	(Zendejas Rodríguez, 2016, p. 13) (Davey et al., 2013, p. 8)
	Tiempo muerto	30	<i>min</i>	(Zendejas Rodríguez, 2016, p. 13) (Davey et al., 2013, p. 8)

Realizado por: Espinoza, Hugo, 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización del proyecto

La empresa CERVEZA ARTESANAL “HEISENBEER”, se encuentra ubicada en la dirección José María Egas y Ricardo Descalzi, en la ciudad de Riobamba en la provincia de Chimborazo.



Ilustración 1-3: Localización de la empresa Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

Tabla 1-3: Características Geográficas de la empresa Heisenbeer

Parámetro	Descripción
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Lizarzaburu
Altitud	2.754 msnm
Longitud	1.65 ° S
Latitud	78,66 ° W
Temperatura Promedio	8 °C – 19°C

Fuente: Google Maps, (2022).

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022.

3.2. Metodología

El presente proyecto es de tipo técnico se basa en un estudio experimental ya que cada operación unitaria utilizada en el proceso requiere un control óptimo de las variables, con el propósito de formular una metodología adecuada para el diseño de un sistema CIP (Cleaning in place) para limpiar barriles. Este proyecto busca estudiar e investigar el procedimiento e implementar el método más adecuado para maximizar la limpieza y optimizar recursos de la empresa Heisenbeer. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos fueron realizados en el laboratorio de calidad de

agua de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cada uno de los análisis cumpliendo con los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales (APHA AWWA & WPCF 1992 p.163-266).

3.3. Análisis físicos

3.3.1. *Potencial de hidrógeno (pH)*

El pH con un rango de 1 a 14 indica si el agua es alcalina o acida, con un rango mayor a 7 es alcalina y con uno menor a 7 es básica, si iguala a 7 se considera neutro. Se ha utilizado el método 4500 H-B que se basa en la medición electrométrica del pH, de la actividad de iones de hidrogeno por medición potenciométrica con dos electrodos uno estándar y otro de referencia.

3.3.2. *Temperatura*

Según el método estandarizado 2550 B, la temperatura es el nivel de energía térmica con la que cuenta un cuerpo, para la recolección de los datos se recomienda tomar la medida inmediatamente después de tomar la muestra.

3.3.3. *Conductividad eléctrica*

Según el método estandarizado 2510 B, es la cualidad que tiene una sustancia o un cuerpo para conducir electricidad, en el caso de un líquido se da por carga de iones, donde depende de su concentración del movimiento y de sus concentraciones.

3.3.4. *Turbiedad*

Según el método estandarizado 2130 B, se basa en la presencia de materia suspendida, mientras más sólidos en suspensión mayor será la turbidez, la turbidez es un fenómeno visual que hace que la luz se disperse en lugar de absorberla y de que permita su paso a través.

3.3.5. *Sólidos totales disueltos*

Según el método estandarizado 2540 C, mide los residuos de un material que quedan en un recipiente después de evaporar la muestra, o la suma de los diferentes minerales, sales cationes disueltos en un volumen de agua determinado.

3.4. Análisis químicos

3.4.1. Demanda bioquímica de oxígeno

Según el método estandarizado 5210 B, la prueba de 5 días nos muestra de manera indirecta la materia orgánica, midiendo el cambio que se da en la concentración de Oxígeno Disuelto (OD) causados por los microorganismos que degradaron la materia orgánica en una muestra con tapa, incubada durante 5 días en la oscuridad a 20 °C.

3.4.2. Demanda química de oxígeno

Según el método estandarizado 5520 D, es la equivalencia entre la cantidad de oxígeno y la materia orgánica de una muestra vulnerable a la oxidación un fuerte agente oxidante, basado en dicromato de potasio, un medio ácido y la acción del calor para oxidar la materia orgánica presente a gas CO₂ y agua.

3.5. Datos experimentales

3.5.1. Caracterización físico – química y microbiológica del agua según la NTE INEN 1108

Para la realización del diseño de un sistema CIP de lavado, se requiere conocer específicamente la calidad del agua que va a ser utilizada para el proceso de lavado, la cual viene directamente de la red de distribución de la ciudad de Riobamba, en este caso el agua de distribución que se da en la empresa Heisenbeer. Este análisis es necesario para comprobar que los parámetros se encuentran dentro de las normas que rigen. La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108, establece los requisitos que tiene que cumplir el agua potable que está destinada para consumo humano, esta norma aplica para sistemas de distribución tanto públicos como privados (Agua Potable Requisitos, 2014, pp. 2–4).

Tabla 2-3: Análisis físico – químico – microbiológico del agua

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO- MICROBIOLÓGICO				
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS				
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	RESULTADOS
pH	Unidades	4500-H B	6.5 – 8	6.50
Color	Pt-Co	2120-C	15	1
Turbiedad	U.N. T	2130-B	5	0.24
Temperatura	°C	2550-B	Condición Natural* +/-3 °C	14.5

Conductividad	μS/cm	2510-B	---	386
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	2540-C	---	193
Cloro Residual	Cl ₂	4500 CI-G	0.3 – 1.5	0.63
Cianuro	CN ⁻	4500-CN- E	0.07	0.002
Cobre	Cu	3500-Cu-B	2	0.03
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	3500 Cr-B	0.05*	0.021
Fluoruros	F ⁻	4500 F- D	1.5	0.73
Nitratos	NO ₃ ⁻	4500-NO3-C	50	3.5
Nitritos	NO ₂ ⁻	4500-NO2-B	3	0.010
Sulfatos	SO ₄ ⁻	4500-SO4= E	500*	47
2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	RESULTADOS
<i>Coliformes Fecales</i>	UFC	9221-D	AUSENCIA	AUSENCIA

Fuente: (Agua Potable Requisitos INEN 1108, 2014)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.5.2. Variables implicadas en el lavado de barriles

Realizar un análisis y un estudio a las variables que intervienen en el lavado de barriles es necesario, cuando se realiza el procedimiento de manera manual se determinan tiempos y cantidades utilizadas en el proceso, cuanto tiempo recircula el líquido en el interior del barril, cual es la temperatura que alcanza las soluciones de sosa caustica y la solución sanitizante, la concentración de las soluciones y el volumen en la cual deben ser disueltas, la presión y flujo necesario para cada uno de los barriles en función del tamaño del mismo. Se plantea realizar el procedimiento manual para con eso determinar los parámetros y poder diseñar un programa de lavado CIP con recirculación.

Tabla 3-3: Tiempo estándar de lavado manual de barril.

Operación	Tiempo (segundos)
Etapa 1	
Despresurización	60
Desarme	120
Drenaje de residuos de cerveza	120
Pre-enjuague del barril con agua de red	360
Pre-enjuague de los espadines con agua de red	360
Drenaje de solución	60
Etapa 2	
Lavado de barril con solución de Sosa Caustica	360
Lavado de espadines con solución de Sosa Caustica	360

Drenaje de solución	60
Enjuague del barril con agua de red	360
Enjuague de los espadines con agua de red	360
Drenaje de solución	60
Etapa 3	
Neutralización con solución sanitizante	360
Drenaje de solución	60
Total	3060

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

Tabla 4-3: Concentración de soluciones y volumen total de lavado de barril

Operación	Concentración en 10L	Temperatura (°C)	Volumen (L)
Pre-enjuague con agua de red	---	25	13
Lavado con solución de sosa Caustica	0.1%	65	2
Enjuague con agua de red		25	13
Lavado con solución sanitizante.	6%		2

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.5.3. *Parámetros de diseño*

Después de haber realizado la caracterización del agua previo al sistema de lavado y haber analizado las variables implicadas en el lavado manual de barriles se definió los parámetros que menciono a continuación.

Tabla 5-3: Variables implicadas en el diseño.

Parámetro de diseño	Variable implicada
Concentración Química	Concentración de las Soluciones Alcalina y Sanitizante.
Temperatura	Temperatura de solución para reacción. Temperatura de agua para enjuagado.
Acción Mecánica	Presión para transporte de fluido. Suministro de las soluciones al interior del barril. Nivel de agua de los tanques para iniciar el proceso.
Tiempo	Tiempo de acción

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.5.4. *Etapas del lavado*

Tabla 6-3: Etapas del lavado manual de barriles.

Etapas	Descripción
Pre-enjuague	La etapa 1 del proceso de lavado, después de desechar los residuos se ingresa agua a temperatura ambiente, se realiza esta acción dos veces y se desecha el agua.
Lavado Alcalino	La etapa 2 del proceso de lavado, después del Pre-enjuague se realiza el enjuague alcalino con la solución de Hidróxido de Sodio (sosa cáustica), después se realiza enjuague con agua fresca, el proceso de enjuague se realiza dos veces.
Enjuague Intermedio	
Etapa de Enjuague con sanitizante	La etapa 3 y ultima del proceso de lavado, después del lavado con sosa cáustica y su enjuague se realiza el lavado con la solución con sanitizante, no requiere enjuagado y al finalizar el proceso toda el agua se junta para ser desechada.
Finalización	

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.5.5. *Pruebas experimentales*

Para las pruebas experimentales se realizaron la toma de muestras del lavado de barriles en 3 puntos especiales, denominados en M1 (Muestra 1), M2 (Muestra 2), M3 (Muestra 3), que específicamente son la etapa 1 de Pre-enjuague, la etapa 2 de Enjuague Alcalino y etapa 3 de Enjuague con Sanitizante y finalización, teniendo así los resultados a continuación.

Tabla 7-3: Datos de análisis de laboratorio.

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO- MICROBIOLÓGICO				Fecha: 25/11/2022			
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS							
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	M1	M2	M3
pH	pH	Unidades	4500-H B	6 – 9	5.84	6.78	6.23
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	U.N.T	2130-B	100	2.38	1.31	3.57
Temperatura	°C	°C	2550-B	Condición Natural* +/-3 °C	19.9	20.7	20.8
Conductividad	Microsiemens	µS/cm	2510-B	---	388	566	474
Sólidos Totales Disueltos	TDS	mg/l	2540-C	1600	194	283	237
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/l	5210-B	250	221	14	101
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	5520-D	500	345	42	188
2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO							
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDADES	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	M1	M2	M3
Coliformes Fecales	UFC	NMP	9221-D	AUSENCIA	A	A	A

Fuente: Datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.6. Cálculos de ingeniería

Para establecer los cálculos de ingeniería se necesitó tener en consideración todas las variables que intervienen en el sistema de lavado, estos cálculos fueron de suma importancia para realizar los cálculos y análisis que finalizarán con la formulación del diseño más adecuado para poner en marcha el sistema de lavado, optando así que se prioricen el tiempo y los recursos.

3.6.1. Acción química

3.6.1.1. Hidróxido de sodio

La concentración de 0.1% es usada cuando la limpieza es manual por riesgo químico y por seguridad, en un sistema CIP cerrado y con tuberías se determina que el mejor rango de concentración es de 1 % a 2%.

$$D_{sc} = 1 \% \cdot V_t$$

Donde:

D_{sc} = Dosificación de sosa caustica

V_t = Volumen total de solución básica (10L)

3.6.1.2. Sanitizante

No se calcula por formulación, el fabricante del producto Star San HB, recomienda una dosificación de 25 ml por cada 10L con un contacto mínimo de la superficie a sanear de 60 segundos, posterior a eso no se necesita lavar solo dejar secar si es posible.

3.6.2. Acción mecánica

3.6.2.1. Flujo volumétrico del CIP

Los estudios realizados han demostrado que el requerimiento mínimo para un buen efecto mecánico dentro de la tubería del sistema CIP es de al menos 1,5 m/s, el diámetro de la tubería tanto interior como exterior se obtuvo de bibliografía.

Tabla 8-3: Flujo en Tuberías.

ϕ Tubería	Flujo (L/h)	Volumen (L/100 m)
26.6 mm(1")	~ 2070	~ 40
38.0 mm(1 1/2")	~ 5100	~ 99
51.0 mm(2")	~ 9600	~ 184
63.5 mm(2 1/2")	~ 15400	~ 287
76.0 mm(3")	~ 22500	~ 408
101.6 mm(4")	~ 40200	~ 748

Fuente:(Lema 2007, p. 40)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

Tabla 9-3: Dimensiones en tuberías.

Cedula 40	Diámetro Exterior		Diámetro Interior		Espesor de pared	
	Tamaño (pulg)	Pulg	mm	Pulg	mm	Pulg
1/2	0,840	21,3	0,622	15,8	0,109	2,77
3/4	1,050	26,7	0,824	20,9	0,113	2,87
1	1,315	33,4	1,049	26,6	0,133	3,38
1 1/4	1,660	42,2	1,380	35,1	0,140	3,56
1 1/2	1,900	48,3	1,610	40,9	0,145	3,68
2	2,375	60,3	2,067	52,5	0,154	3,91

Fuente:(Mott 2006, p. 618)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

3.6.2.2. Cálculo del caudal

$$Q = A * v$$

Donde:

Q = Caudal

A = Area

v = Velocidad

3.6.2.3. Numero de Reynolds

$$Re = \frac{v * \phi}{\mu}$$

Donde:

ρ = Densidad

v = Velocidad

ϕ = Diámetro

μ = Viscosidad cinemática

3.6.2.4. Cálculo del volumen del circuito

$$V = Q \cdot t$$

Donde:

V = Volumen del circuito

Q = Caudal del sistema CIP

t = Tiempo de Pre-enjuague

3.6.2.5. Cálculo del volumen total

$$V_t = V \cdot N$$

Donde:

V_t = Volumen total del sistema de Pre-enjuague

V = Volumen del circuito

N = Número de circuitos

3.6.2.6. Factor de fricción

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{D \cdot 3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

3.6.2.7. Cálculo de pérdidas longitudinales

$$h_f = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

3.6.2.8. Cálculo de las pérdidas por accesorio

$$H_{acc} = K_m \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

3.6.2.9. Cálculo de la altura de bombeo

$$h_b = \Delta Z + h_f + h_{acc}$$

Donde:

h_b = Altura de bombeo

h_f = Pérdidas longitudinales

h_{acc} = Pérdidas por accesorios

3.6.2.10. Cálculo de la potencia de la bomba

$$H_p = \frac{W \cdot h_b}{n \cdot 75}$$

Donde:

Hp = Potencia

W = Flujo másico

hb = Altura de bombeo

n = Eficiencia

3.6.2.11. *Dimensionamiento del tanque*

Para el dimensionamiento del tanque vamos a partir en función del volumen de cada tanque de almacenamiento así para los tanques de sosa cáustica y de sanitizante tenemos un volumen 20L y para el tanque de recirculado tengo un dimensionamiento de 26L, como seguridad tenemos un sobredimensionamiento del 25%.

3.6.2.12. *Diámetro del tanque*

$$D = \frac{2}{3}H$$

Donde:

D = diámetro del tanque (m)

H = Altura del tanque (m)

3.6.2.13. *Volumen del tanque*

$$V = \pi Hr^2$$

Donde:

r = Radio del tanque (m)

V = Volumen del tanque (m³)

H = Altura del tanque (m)

3.6.2.14. *Parte cónica*

$$h = \frac{D}{2} * \tan 20$$

Donde:

h = Altura del cono (m)

D = Diámetro del tanque (m)

3.6.2.15. *Tiempo de vaciado de los tanques*

$$t = \left(\frac{D_t}{D_a}\right)^2 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Donde:

t = Tiempo de vaciado (s)

D_t = Diámetro del tanque (m)

D_a = Diámetro de la tubería de salida (m)

H = Altura del tanque (m)

g = Gravedad (m/s²)

3.6.2.16. *Peso del agua en el tanque*

$$W_a = V\rho g$$

Donde:

W_a = Peso del agua en el tanque (N)

V = Volumen del tanque (m³)

ρ = Densidad del agua (kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

3.6.2.17. *Peso de las paredes*

Para calcular el peso de las paredes se debe tener en cuenta el largo de la plancha, espesor y diámetro con la siguiente formula:

$$W_p = V\rho g$$

Donde:

W_a = Peso del agua en el tanque (N)

V = Volumen del tanque (m³)

ρ = Densidad del agua (kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

3.6.2.18. *Peso de la parte cónica*

$$W_c = V\rho g$$

Donde:

W_a = Peso del agua en el tanque (N)

V = Volumen del tanque (m^3)
 ρ = Densidad del agua (kg/m^3)
 g = Gravedad (m/s^2)

3.6.2.19. *Peso del tanque*

$$W_t = W_a + 1,1(W_p + W_c)$$

Donde:

W_t = Peso del tanque (N)
 V = Volumen del tanque (m^3)
 ρ_a = Densidad del acero (kg/m^3)

3.6.2.20. *Potencia del intercambiador*

$$P = m * C_p * \Delta T$$

Donde:

m = Masa de agua que calentara
 C_p = Calor masico del agua
 ΔT = Variación de la temperatura

3.6.2.21. *Energía calorífica*

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

Donde:

Q = Energía calorífica
 m = Masa de agua que calentara
 C_p = Calor masico del agua
 ΔT = Variación de la temperatura

3.6.3. *Temperatura*

La temperatura del agua que se usa para dosificar los agentes químicos se determinará mediante dispositivos de medición equipados en los barriles, que unidos al sistema automático recibirán los datos para posteriormente controlar el proceso, teniendo en cuenta los rangos especificados (50 – 70) °C, mientras que la temperatura del agua para el Pre-enjuague y enjuague con agua de red es de 25 °C temperatura ambiente.

3.6.4. Tiempo

La duración de este se dictaminó en 35 minutos en total, ya que este tiempo es suficiente para eliminar todos los residuos de cerveza en el barril y en las tuberías. El actual proceso de lavado manual de barriles oscila entre 50 hasta 60 minutos por barril dependiendo las dimensiones (20 y 50 L) sin contar los tiempos muertos que se presenta entre cada acción consecuyente, por eso se establece el diseño de lavado de barriles en 2 barriles por cada ciclo de lavado esto de acuerdo con la necesidad de la empresa Heinsenbeer de optimizar el tiempo de lavado.

3.7. Selección de materiales

3.7.1. Acero inoxidable AISI 316

El acero inoxidable AISI 316 es el material que se seleccionó para formar los tanques y las tuberías esto debido a las propiedades que tienen este acero y es común por aguantar temperaturas y presiones altas, comúnmente usado en la industria alimenticia rivalizando contra el acero inoxidable 304 ya que el 316 posee Molibdeno que es un compuesto que le aporta una resistencia superior a la corrosión y a los compuestos ácidos, tenemos que evitar la corrosión porque representaría un daño catastrófico para la cerveza de la empresa Heisenbeer, y cuidar la gran inversión que representa este tipo de sistemas de limpieza (Viruega Sevilla 2018, p. 102).

Tabla 10-3: Tolerancia del Acero inoxidable 316 contra los agentes químicos de limpieza.

Componente	Concentración máxima (%)	Temperatura máxima (°C)	Tolerancia del material
Hidróxido de sodio	5	140	Buena
Ácido fosfórico	15	80	Buena
Ácido dodecibenceno sulfónico	5	80	Buena

Fuente: (Viruega Sevilla 2018, p. 102)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

3.7.2. Aceite térmico

Para calentar el agua de la solución se seleccionó el aceite térmico como fuente de calor se encuentra almacenado en un tanque, junto a las fuentes de suministro de las soluciones, el aceite es utilizado como medio de transferencia de calor dentro del sistema, no habrá pérdidas de calor y por tal motivo es la mejor opción para disminuir costos, es decir, si se implementa el aceite térmico dentro del sistema no se gastaría en hornillas ni en sistemas de vapor porque se tendría que añadir calderas de alta presión al sistema CIP, una de las ventajas más importantes del aceite

térmico es que lubrica la tubería de acero inoxidable. Para el sistema de limpieza CIP para la empresa Heisenbeer se ha escogido el aceite térmico Shell Thermia Oil B, el cual es un aceite de baja viscosidad y contiene alta resistencia a la oxidación (Shell 2005, p. 1-2).

Tabla 11-3: Características de Shell Thermia Oil B

Viscosidad cinemática (40°C, cSt)	35,0
Índice de viscosidad (VI)	95
Densidad a 15/4°C, g/cc	0,873
Punto de inflamación, COC, °C	206
Punto de escurrimiento, °C	-12
Coefficiente de expansión térmica, 1/°C	0,00076

Fuente: (Shell 2005, p. 1-2)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

3.7.3. Cabezal de llenado y espadín tipo A

La limpieza mecánica en el sistema CIP es importante para que las soluciones alcalinas, detergente y de agua fresca lleguen a todos los barriles de almacenamiento si se tratara de un equipo estacionario y de gran dimensionamiento se tendrían que considerar 2 tipos de mecanismos de limpieza mecánica: rociadores de chorro giratorios, rociadores de chorro estacionarios para la necesidad de la empresa Heisenbeer se va a utilizar el mismo cabezal de llenado tipo A y el espadín o acople tipo A para rociar la solución mismo que se dispone en los barriles de la empresa.



Ilustración 2-3: Barril contenedor de cerveza 50L

Fuente: (Czech 2019).

3.7.4. *Manguera presión roja, agua-aire ¾ "300 PSI*

Una manguera industrial que es apta para aire y agua con una gran gama de aplicaciones desde la agricultura hasta la industria química y de limpieza que es el fin que tendrá en este equipo, es fuerte traba a presiones de 200 a 300 psi, resiste temperaturas desde -40 a 99 °C y con un diámetro de ¾ ", dado los requerimientos de la cervecería Heisenbeer para la facilidad de inserción de los barriles ya que el proceso es manual, tener la manguera facilita este proceso (FrontierTM 2020, p. 1).



Ilustración 3-3: Manguera presión Roja, agua - aire

Fuente: (FrontierTM 2020, p. 1).

3.7.5. *Acople de manguera*

Conectores son indispensables para cada tipo de conexión como la entrada de aire, de agua caliente, de agua fría, de CO2 e incluso de cerveza, se pueden usar diferentes tipos de acoples, los presentes en la cervecería Heisenbeer son acoples clamp para mangueras que son unidas con abrazaderas articuladas, todas de acero inoxidable para evitar la corrosión o contaminación.



Ilustración 4-3: Acoples clamp para manguera

Fuente: (Made In China 2022).

3.7.6. *Válvula de mariposa*

Las válvulas de mariposa son utilizadas para cerrar el flujo, el cuerpo de la válvula encaja en la tubería, el disco tiene la función de compuerta, es decir, detiene o estrangula el flujo, las válvulas de mariposa proporciona flujo bidireccional y capacidad de cierre. Este tipo de válvulas suelen ser más económicas en comparación con otro tipo de válvulas debido a que requieren menos material (Brandt et al. 2017, p. 745-747).



Ilustración 5-3: Válvula de mariposa

Fuente: (Hidroglobal Gaer © 2021)

Tabla 12-3: Características técnicas de la válvula de mariposa

Tipo de diseño	Concéntrico
Dirección de flujo	Bidireccional
Presión de trabajo	PN 16
Rango de temperatura	0°C a 80°C
Rango de dimensiones	DN50 a DN600

Fuente: (Hidroglobal Gaer © 2021, p. 2)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.7.7. *Sensor de nivel*

Medidor de nivel o level glass, es un dispositivo el cual mide el nivel del líquido que se encuentra dentro del tanque, indica un posible sobrellenado o un nivel bajo de líquido, se consideró utilizar un medidor de nivel vertical. Los sensores envían señales al PLC, el cual indicara si parar el ciclo debido a un bajo de nivel de líquido o continuar cuando el nivel sea el adecuado.



Ilustración 6-3: Sensor de nivel del tanque

Fuente: (Endress+Hauser International 2023)

3.7.8. *Sensor de temperatura*

El sensor de temperatura con el cual se trabajará será un RTD Pt 100, el cual controla y mide la temperatura, este sensor envía señal al intercambiador de calor. Este sensor termoelectrico está compuesto por un alambre de planito que aumenta la temperatura provocando agitación térmica, donde los electrones se dispersan y reducen su velocidad aumentando la resistencia.

Tabla 13-3: Especificaciones técnicas del sensor RTD Pt 100

Rango de trabajo	-100°C a +400°C
Conexión	3 hilos
Longitud de cable	1 m
Diámetro de la rosca	8 mm / 0.31"
Dimensiones	D5 mm x L100 mm
Material	Acero inoxidable

Fuente: (Naylamp 2021, p. 1)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.7.9. *Bomba*

La bomba ideal para el sistema CIP, es una centrifuga debido a la baja viscosidad que presenta el fluido, su funcionamiento consiste en un impulsor giratorio el cual convierte energía cinética en velocidad necesaria para bombear el fluido.



Ilustración 7-3: Bomba centrífuga ½ Hp

Fuente: (Truper S.A 2023)

Tabla 14-3: Especificaciones técnicas de la bomba centrífuga

Potencia	½ Hp
Altura máxima	23 m
Flujo máximo	90 L/min
Máxima profundidad de succión	8 m
Diámetro de entrada/salida	1” NPT

Fuente: (Truper S.A 2023)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.7.10. Intercambiador de calor

El intercambiador de calor más utilizado en los sistemas de limpieza in situ es el MF 80, fabricado en acero inoxidable AISI 316.



Ilustración 8-3: Intercambiador de calor MF 80

Fuente:(Lema 2007, p. 56)

Tabla 15-3: Especificaciones técnicas del intercambiador tubular MF 80

Modelo	Potencia		C. Primario		C. Secundario		Superficie
	Kw	Kcal/h	l/min	m.c.a	l/min	m.c.a	Intercambio
MF 80	25	20000	30	0,2	25	0,3	0,2

Fuente:(Lema 2007, p. 56)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.7.11. PLC

Un controlador lógico programable (PLC) es una unidad informática basada en microprocesador que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones. El presente proyecto cuenta con tres circuitos, dosifica agua, sosa y sanitizante. Hay que controlar los niveles y temperaturas. Se escogió un PLC Micrologix 1500.

Tabla 16-3: Especificaciones técnicas del PLC Micrologix 1500

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Canales análogos con voltaje de entra al modulo	1
2	Base Micrologix de 24 V DC: in/relay, out/ac poder	1
3	16 puntos Vac/Vdc, relay output modulo	2
4	16 punto Vac/Vdc, relay output modulo	3
5	Unidad procesadora Micrologix 1500RS-232	1
6	Cable Micrologix 1000 para computadora	1
7	Cable Micrologix 1000 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: (Torres 2012, p. 123-124)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

3.7.12. pHmetro

El pHmetro es un instrumento utilizado para medir la acidez o alcalinidad de una solución, se mide en una escala de 0 a 14. El pH se relaciona directamente con la proporción de concentraciones de iones de hidrogeno y de iones hidroxilo, si la concentración de H^+ es mayor que la de OH^- la solución es acida, mientras que si la concentración de OH^- es superior la solución es básica. Para el diseño se utilizará un sensor de conductividad para determinar la concentración de las soluciones (Ingeniería Omega 2023).

3.8. Validación del diseño

Para que el diseño del sistema de lavado CIP de barriles sea validado como apto para la implementación por parte de la empresa Heisenbeer, se lo realizara mediante la caracterización fisicoquímica del agua después del lavado de los barriles previo al vertido al alcantarillado, revisando si este está cumpliendo así con la normativa del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9, esto se utiliza para saber que el diseño y funcionamientos son acertados y cumplen con la funcionalidad.

Tabla 17-3: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6-9
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	U.N.T	50,0
Temperatura	°C	Unidades	<45,0
Conductividad	Microsiemens	$\mu S/cm$..
Sólidos Suspendidos Totales	TDS	mg/L	1600
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	500,0

Fuente: (Ministerio del Ambiente TULSMA, 2017).

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de los análisis del agua previo al lavado

Se detalla a continuación los análisis de la caracterización realizados en el agua previo al lavado de barriles.

Tabla 1-4: Análisis físico – químico – microbiológico del agua

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO- MICROBIOLÓGICO				
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS				
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	RESULTADOS
pH	Unidades	4500-H B	6.5 – 8	6.50
Color	Pt-Co	2120-C	15	1
Turbiedad	U.N. T	2130-B	5	0.24
Temperatura	°C	2550-B	Condición Natural* +/-3 °C	14.5
Conductividad	µS/cm	2510-B	---	386
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	2540-C	---	193
Cloro Residual	Cl ₂	4500 CI-G	0.3 – 1.5	0.63
Cianuro	CN ⁻	4500-CN- E	0.07	0.002
Cobre	Cu	3500-Cu-B	2	0.03
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	3500 Cr-B	0.05*	0.021
Fluoruros	F ⁻	4500 F- D	1.5	0.73
Nitratos	NO ₃ ⁻	4500-NO3-C	50	3.5
Nitritos	NO ₂ ⁻	4500-NO2-B	3	0.010
Sulfatos	SO ₄ ⁻	4500-SO4= E	500*	47
2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO				
PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	MÉTODO UTILIZADO	LÍMITE PERMITIDO	RESULTADOS
<i>Coliformes Fecales</i>	UFC	9221-D	AUSENCIA	AUSENCIA

Fuente: (Agua Potable Requisitos INEN 1108, 2014)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

4.1.2. Resultados del análisis del lavado manual de barriles

Tabla 2-4: Tiempo estándar de lavado de barril.

Operación	Tiempo (segundos)
Etapa 1	
Despresurización	60
Desarme	120
Drenaje de residuos de cerveza	120
Pre-enjuague del barril con agua de red	360
Pre-enjuague de los espadines con agua de red	360
Drenaje de solución	60
Etapa 2	
Lavado de barril con solución de Sosa Caustica	360
Lavado de espadines con solución de Sosa Caustica	360
Drenaje de solución	60
Enjuague del barril con agua de red	360
Enjuague de los espadines con agua de red	360
Drenaje de solución	60
Etapa 3	
Neutralización con solución sanitizante	360
Drenaje de solución	60
Total	3060

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

Tabla 3-4: Concentración de soluciones y volumen total de lavado de barril.

Operación	Concentración en 10L	Temperatura	Volumen
Pre-enjuague con agua de red	---	25 °C	13 L
Lavado con solución de sosa Caustica	0.1%	65 °C	2 L
Enjuague con agua de red		25°C	13 L
Neutralización con solución sanitizante.	6%	65°C	2 L
Total	---	---	30 L

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

4.1.2.1. Necesidades de la empresa Heisenbeer

Cuando realizamos la investigación en la empresa Heisenbeer se evidenció el número de barriles que poseen la fábrica son de 10 barriles de 20 L y 16 barriles de 50L, con un total de 36 barriles. Con su creciente demanda de producto la necesidad de acortar tiempos de producción y de lavado de barriles son prioridad pautando actualmente un tiempo de 50 a 60 min por cada barril. Además de los recursos que se utilizan para el lavado el gran recurso a ahorrar es el agua, después de la recopilación de datos se obtuvo que en la empresa existe dos ollas, una de cocción y otra de maceración de concentración de 300 Litros, para enfriar la cerveza previo a su fermentación se utiliza un intercambiador de calor por el cual circula alrededor de 500 litros, además de dos fermentadores con una capacidad de 250 Litros totales, estos índices hacen constancia que el agua es un recurso indispensable en este proceso pero podemos optimizar el proceso de lavado para reducir el consumo de agua y que no existan pérdidas.

4.2. Diseño del sistema de limpieza CIP

4.2.1. Parámetros de diseño

Tabla 4-4: Variables implicadas en el diseño.

Parámetro de diseño	Variable implicada
Concentración Química	Concentración de las Soluciones Alcalina y Sanitizante.
Temperatura	Temperatura de solución para reacción. Temperatura de agua para enjuagado.
Acción Mecánica	Presión para transporte de fluido. Suministro de las soluciones al interior del barril. Nivel de agua de los tanques para iniciar el proceso.
Tiempo	Tiempo de acción

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

4.2.2. Diseño de las etapas

En base al lavado actual de los barriles se ha diseñado las etapas de lavado que se cita a continuación teniendo un total de 3 etapas de lavado por cada ciclo de limpieza.

Tabla 5-4: Etapas del lavado manual de barriles.

Etapas	Descripción
Pre-enjuague	La etapa 1 del proceso de lavado, después de desechar los residuos se ingresa agua a temperatura ambiente, se realiza esta acción dos veces y se desecha el agua.
Lavado Alcalino	La etapa 2 del proceso de lavado, después del Pre-enjuague se realiza el enjuague alcalino con la solución de hidróxido de sodio (sosa caustica), después se realiza enjuague con agua fresca, el proceso de enjuague se realiza dos veces.
Enjuague Intermedio	
Etapa de Enjuague con sanitizante	La etapa 3 y ultima del proceso de lavado, después del lavado con Sosa Caustica y su enjuague se realiza el lavado con la solución con sanitizante, no requiere enjuagado y al finalizar el proceso toda el agua se junta para ser desechada.
Finalización	

Fuente: Empresa en estudio, Heisenbeer.

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

4.2.3. Cálculos de acción química

4.2.3.1. Hidróxido de sodio

$$D_{sc} = 1 \% \cdot 10000 \text{ ml}$$

$$D_{sc} = 100 \text{ ml o } 0,10L$$

4.2.3.2. Sanitizante

Dosificación usada para el CIP en 25ml por cada 10L, calculada para los 20L totales de solución sanitizante tenemos 50ml de sanitizante Star San HB.

4.2.4. Cálculos de acción mecánica

Seleccione el diámetro de tubería en 1" teniendo un flujo de $2070 \frac{L}{h}$ o $2,07 \frac{m^3}{h}$, además de un volumen retenido por cada 100 m de 40 L por cada 100 m de tubería por lo que se buscaría un CIP centralizado para minimizar esto y una velocidad de $1,5 \frac{m}{s}$. Se selecciono una tubería de cedula 40 debido a que las presiones que se utilizaran son bajas, líneas de drenaje o descarga en alcantarillado.

Tabla 6-4: Flujo en Tuberías.

ϕ Tubería	Diámetro Interior (mm)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor de Pared (mm)	Flujo (L/h)	Volumen (L/100 m)
(1 ")	24,3	33,4	4,55	~ 2070	~ 40

Fuente: (Mott 2006, p. 618)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

Tabla 7-4: Propiedades físicas del agua.

Temperatura °C	Peso Específico kN/m ³	Densidad $\frac{kg}{m^3}$	Viscosidad Cinemática 10 ⁻⁷ (m ² /s)
25	9,777	997,0	8,94

Fuente: (Propiedades Físicas 2015, p. 2)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

4.2.4.1. Cálculo del caudal

$$Q = A * v$$

$$A = \pi * (0,0133)^2$$

$$A = 5,55 \times 10^{-4} m^2$$

$$Q = 5,55 \times 10^{-4} * 1,5 \frac{m}{s}$$

$$Q = 8,325 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

4.2.4.2. Número de Reynolds

$$Re = \frac{1,5 \frac{m}{s} * 0,0266 m}{0,000894 \times 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}}$$

$$Re = 44650,19 \rightarrow \text{Flujo Turbulento}$$

4.2.4.3. Cálculo del volumen del circuito

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$V = Q * t$$

$$V = 8,325 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \cdot 360 s$$

$$V = 0,2997 m^3$$

4.2.4.4. Cálculo del volumen total

$$V_t = 0,2997 \text{ m}^3 \cdot 3$$

$$V_t = 0,8991 \text{ m}^3$$

Con un Volumen total para el sistema, la capacidad debería ser de $0,8991 \text{ m}^3$ para poder abastecer las 3 etapas de lavado, etapa de pre – enjuague, etapa de enjuague, etapa de enjuague con sanitizante.

4.2.4.5. Factor de fricción

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{D \cdot 3,7} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{0,0266 * 3,7} + \frac{5,74}{(44650,19)^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,026$$

4.2.4.6. Cálculo de pérdidas longitudinales

$$hf = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

$$hf = \frac{8 * 0,026 * 44 * (0,000832)^2}{\pi^2 * 9,81 * (0,0266)^5}$$

$$hf = 5,002$$

4.2.4.7. Cálculo de las perdidas por accesorio

$$H_{acc} = K_m \left(\frac{V^2}{2g} \right)$$

Tabla 8-4: Pérdida por accesorios

PÉRDIDAS POR ACCESORIOS				
TIPO	Le/D	NUMERO	ft	K
VÁLVULA DE MARIPOSA	45	13	0,019	11,115
CODO ESTÁNDAR A 90°	30	6	0,019	3,42
TÉ ESTÁNDAR CON FLUJO DIRECTO	20	7	0,019	2,66

VALVULA DE RETENCION	135	2	0,019	5,13
UNIONES	1	7	0,019	0,133
TOTAL				22,458

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

$$H_{acc} = 22,458 * \left(\frac{1,5^2}{2 * 9,81} \right)$$

$$H_{acc} = 2,567$$

4.2.4.8. Cálculo de la altura de bombeo

$$hb = \Delta Z + hf + h_{acc}$$

$$hb = 2 + 5,002 + 2,567$$

$$hb = 9,569$$

4.2.4.9. Cálculo de la potencia de la bomba

$$Hp = \frac{W * hb}{n * 75}$$

$$Hp = \frac{0,8280 * 9,569}{(0,85) * 75}$$

$$Hp = 0,124$$

Factor de seguridad de la bomba 15%

$$Hp = Hp + 1,1(Hp * 0,015)$$

$$Hp = 0,124 + 1,1(0,124 * 0,015)$$

$$Hp = 0,13$$

$$Hp = 1/4 = 0,25 Hp$$

La potencia requerida para el sistema CIP de manera teórica es de 0,124 Hp, considerando el factor de seguridad y funcionamiento se trabaja con el 15%, obteniendo así una potencia de 0,13 Hp, puesto que en el mercado comercial no se encuentra una bomba con dicha potencia, se selecciona su valor cercano el cual es el ¼ Hp.

4.2.4.10. Diámetro del tanque contenedor

Definiendo el volumen de cada tanque tenemos de 20L para el tanque de sosa caustica o alcalino, 20L para el barril de sanitizante y 26L para el tanque de recirculado entonces con el 25% de

sobredimensionamiento para cada uno de los barriles se obtiene un volumen de dimensionamiento de 25L, 25Ly 32L.

Para tanque de 32 L

$$D = \frac{2}{3}H$$

$$V = \pi Hr^2$$

Altura asumida = 0,45 m

$$D = \frac{2}{3} * (0,45)$$

$$D = 0,3m$$

Para tanque de 25L

Altura asumida = 0,415 m

$$D = \frac{2}{3} * (0,415)$$

$$D = 0,2766 m$$

4.2.4.11. *Volumen del tanque*

Tanque de 32 L

$$V = \pi * 0,45m * (0,15m)^2$$

$$V = 0,032 m^3$$

Tanque 25 L

$$V = \pi * 0,415m * (0,138m)^2$$

$$V = 0,025 m^3$$

4.2.4.12. *Parte cónica*

Tanque 32 L

$$h = \frac{D}{2} * \tan 20$$

$$h = \frac{0,3 m}{2} * \tan 20$$

$$h = 0,055 m$$

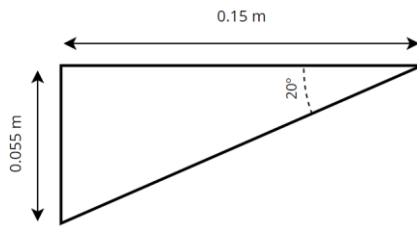


Ilustración 1-4: Parte cónica del tanque de 32L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

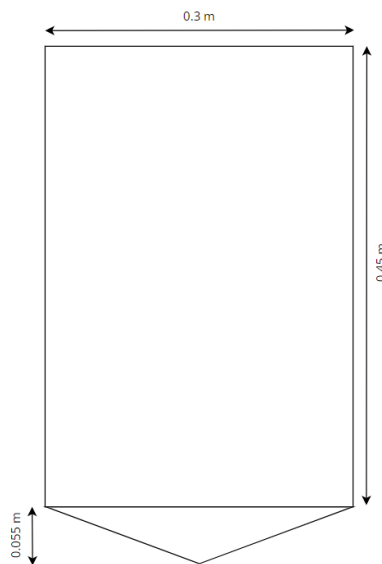


Ilustración 2-4: Tanque de 32L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

Tanque 25 L

$$h = \frac{D}{2} * \tan 20$$

$$h = \frac{0,2766 \text{ m}}{2} * \tan 20$$

$$h = 0,050 \text{ m}$$

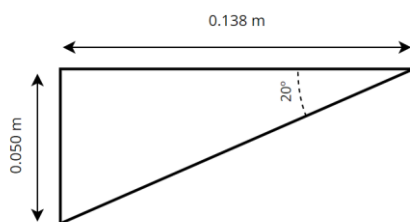


Ilustración 3-4: Parte cónica del tanque de 25L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

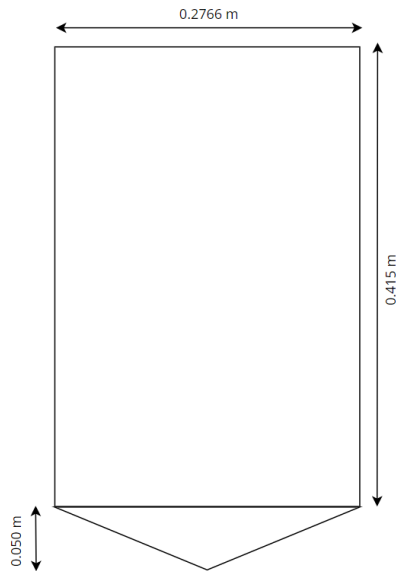


Ilustración 4-4: Tanque de 25L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

4.2.4.13. *Tiempo de vaciado de los tanques*

Tanque de 32L

$$t_{v32} = \left(\frac{0,3 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right)^2 \sqrt{\frac{2(0,45\text{m})}{\left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}}$$

$$t_{v32} = 75,117 \text{ s}$$

$$t_{v32} = 1,25 \text{ min}$$

Tanque de 25L

$$t_{v25} = \left(\frac{0,2766 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right)^2 \sqrt{\frac{2(0,415\text{m})}{\left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}}$$

$$t_{v25} = 61,322 \text{ s}$$

$$t_{v25} = 1,022 \text{ min}$$

4.2.4.14. *Peso del agua en el tanque*

$$W_a = 0,032 \text{ m}^3 * 997 \text{ kg/m}^3 * 9,81\text{m/s}^2$$

$$W_a = 312,98 \text{ N}$$

4.2.4.15. *Peso de las paredes*

Las láminas de acero tienen una medida de 2,44 m de largo x 1,22 m de ancho, se recomienda utilizar un espesor de 2 mm debido a que tiene que tolerar la soldadura.

$$W_p = 2,44 \text{ m} * 0,002 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 7980 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_p = 171,911 \text{ N}$$

4.2.4.16. *Peso de la parte cónica del tanque*

$$W_c = \pi * (0,3)^2 * 0,002 \text{ m} * 7980 \text{ kg/m}^3$$

$$W_c = 4,513 \text{ N}$$

4.2.4.17. *Peso del tanque*

Para determinar el peso del tanque se debe considerar un factor de seguridad de 1,1.

$$W_t = W_a + 1,1(W_p + W_c)$$

$$W_t = 312,98 + 1,1(171,911 + 4,513)$$

$$W_t = 489,856$$

4.2.4.18. *Soporte del tanque*

Los soportes del tanque serán 4 tubos cuadrados de cédula 40, con un espesor de 5.2 mm, las medidas de diseño se realizaron en base a la mita de la altura de cada barril al no ser de gran capacidad y peso, con ruedas con bloqueo para su fácil transporte esto en base a la necesidad de la empresa Heisenbeer de poder transportar el equipo cerca de un punto adecuado de lavado y de descarga.

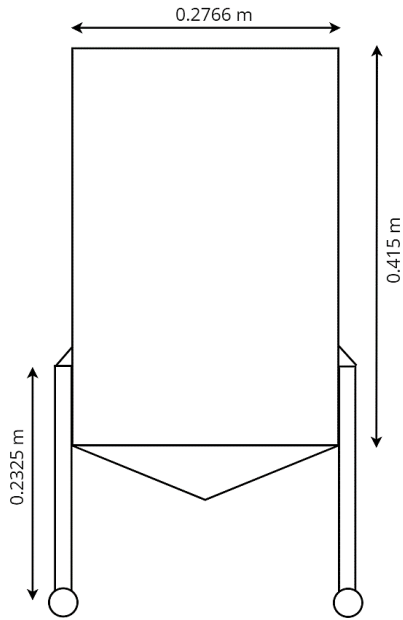


Ilustración 5-4: Dimensiones finales de tanque de 25L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

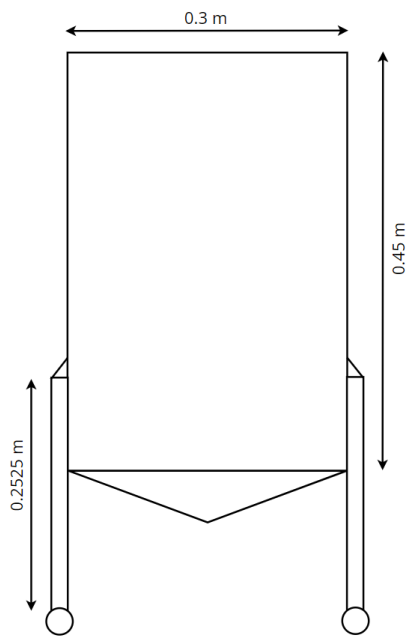


Ilustración 6-4: Dimensiones finales de tanque de 32L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

4.2.4.19. *Diseño final del tanque*

El diseño final del tanque se podrá visualizar en el ANEXO L, en donde se expondrá las medidas finales de los barriles y las vistas, en resumen, los tanques tendrán 2 entradas al inicio del barril

de 1" ,la primera de entrada del líquido y la segunda para la tubería de retorno, un sensor de nivel, sensor de temperatura RTD Pt 100, válvula de mariposa y acoples clamp.

4.2.4.20. *Potencia del intercambiador de calor*

$$P = m * C_p * \Delta T$$

$$C_p = 4,179 \frac{Kj}{KgK}$$

$$\Delta T = \frac{25 + 70}{2} = 47.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 320,65 \text{ K}$$

$$m = \rho * V$$

$$m = 997 \frac{Kg}{m^3} * 0,02 m^3$$

$$m = 19,94 \text{ kg}$$

$$\dot{m} = 997 \frac{Kg}{m^3} * 2,99 \frac{m^3}{h} * \frac{1}{\frac{3600s}{1 h}}$$

$$\dot{m} = 0,8280 \text{ kg/s}$$

$$P = 0,8280 \frac{kg}{s} * 4,179 \frac{Kj}{KgK} * 320,65 K$$

$$P = 1109,60 \text{ W} \rightarrow 1,109 \text{ Kw}$$

En base a los cálculos obtenidos se puede definir que el intercambiador que se adecue a las necesidades energéticas sería el MF 80.

4.2.4.21. *Energía calorífica*

$$Q = 19,94 \text{ kg} * 4,179 \frac{Kj}{KgK} * 320,65 \text{ K}$$

$$Q = 26719,527 \text{ Kj}$$

4.3. **Distribución de tanques**

Los tanques del sistema CIP tienen que ser distribuidos sistemáticamente por eso se ha diseñado de la siguiente manera, en orden de izquierda a derecha tenemos el tanque de sosa caustica o tanque alcalino, el tanque de sanitización y el tanque de recirculado, primero el agua fresca y al

ambiente vendrá directamente de la línea de agua potable que nombrado con las siglas (LA) al ser normalizada según la INEN 1108 no requiere tratamiento previo y puede entrar directamente a la línea de distribución, el primer tanque en esta distribución es el tanque alcalino nombrado como (TQ-1-20), el segundo tanque en la distribución es el tanque de sanitizante nombrado como (TQ-2-20) y el tercero es el tanque de recirculado nombrado como (TQ-3-26). La distribución es sistemática el primer tanque está destinado a eliminar la suciedad, el segundo a dejarlo todo sanitizado y el ultimo para evitar cualquier contacto de residuo (Viruega Sevilla 2018, p. 105).

Tabla 9-4: Distribución de los tanques de almacenamiento.

Tanque de almacenamiento	Línea de Agua	Tanque Alcalino	Tanque Sanitizante	Tanque de Retorno
Siglas	(L-A)	TQ-1-20	TQ-2-20	TQ-3-26
Solución que contiene	Agua Fresca	Agua con sosa caustica	Agua con sanitizante	Agua con residuos de sosa

Fuente: (Viruega Sevilla 2018, p. 105).

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

4.4. Lazos de control

Los lazos de control son los encargados de efectuar las interconexiones de componentes para una respuesta programada, por lo tanto, para el sistema CIP se va a representar el nivel de un proceso esto representado por los 3 barriles que vamos a sistematizar en el lazo abierto de control.

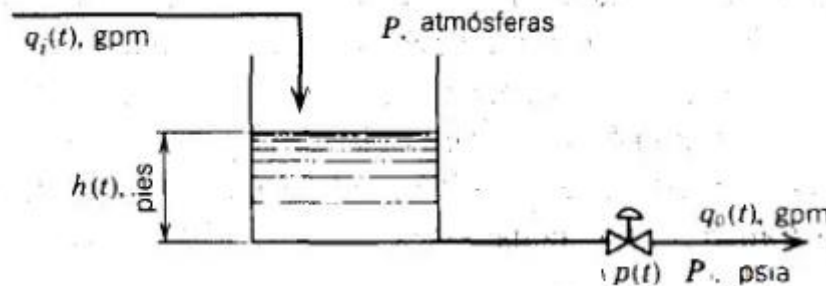


Ilustración 7-4: Lazos de control de nivel de tanque

Fuente: (Smith y Corripio 1985, p. 116)

Partimos desde la formula expresada de la válvula dentro del sistema de control:

$$q(t) = C_v (vp(t)) \sqrt{\frac{\Delta P(t)}{G}}$$

Donde:

$$q(t) = Flujo$$

C_v = Coeficiente de la válvula m³/s

$vp(t)$ = Posición de la válvula

$\Delta P(t)$ = Caída de presión a través de la válvula

G = gravedad específica del líquido a través de la válvula sin dimensiones

Para calcular la caída de presión se lo realiza a través de:

$$\Delta P(t) = P_1 + \frac{\rho * g * h(t)}{144} - P_2$$

Donde:

P = Presión del fluido en Pascales

ρ = Densidad del líquido Kg/m³.

g = Aceleración de la gravedad m/s²

$h(t)$ = Nivel de tanque en m

P_2 = Presión de salida de la válvula hacia adelante

Para poder calcular la caída de presión vamos a calcular la presión de salida de la válvula mediante

Bernoulli:

$$\frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{1}{2} \frac{V_2^2 - V_1^2}{g} + (h_2 - h_1) = 0$$

Donde:

P_1 = Presión del fluido en Pascales

γ = Gamma 1000 * 9.8 N/m³.

V = Velocidad m/s

h = Altura de tanque en m

Para determinar P_1 tenemos que obtener la Presión de trabajo de tubería de acero

$$P = \frac{(2 * S * T)}{(OD * SF)}$$

Donde:

P = Presión de fluido en pascales

T = Grosor de la pared de la tubería (mm)

S = Resistencia del material en (Mpa)

SF = Factor de seguridad

OD = Diámetro exterior (mm)

Para seleccionar el factor de seguridad si $P < 7\text{Mpa}$, $SF = 8$ si $P > 17,5$, $SF = 4$

$$P = \frac{(2 * S * T)}{(OD * SF)}$$

$$P = \frac{(2 * 550\text{MPa} * 0,133")}{(6" * 4)}$$

$$P_1 = 6.095 \text{MPa}$$

Tomar en consideración que como parte de inicio la velocidad 1 es 0 y la altura 1 (h1) es en descenso entonces es 0, Despejamos P2 la ecuación de Bernoulli y tenemos:

$$P_2 = -\gamma \left[\frac{1}{2} \frac{V_2^2}{g} + (h_2 - h_1) \right] + P_1$$

Calculamos la velocidad

$$V = \sqrt{2 * g * h}$$

$$V = \sqrt{2 * 9,8 \frac{m}{s^2} * 0.505m}$$

$$V = 3.14 \frac{m}{s}$$

Reemplazamos:

Tanque 32L

$$P_2 = 9810 \frac{N}{m^3} * \left[\frac{1}{2} * \frac{\left(3,14 \frac{m}{s}\right)^2}{9,81 \frac{m}{s^2}} - 0,505m \right] + 6095000 Pa$$

$$P_2 = 9810 \frac{N}{m^3} * [-2,4719x10^{-3}m] + 6095000 Pa$$

$$P_2 = 6094975,75 Pa \rightarrow 6,094MPa$$

Tanque 25L

$$P_2 = 9810 \frac{N}{m^3} * \left[\frac{1}{2} * \frac{\left(3,14 \frac{m}{s}\right)^2}{9,81 \frac{m}{s^2}} - 0,465m \right] + 6095000 Pa$$

$$P_2 = 9810 \frac{N}{m^3} * [0,0375m] + 6095000 Pa$$

$$P_2 = 6094632.12 Pa \rightarrow 6,094 MPa$$

Una vez obtenidas las presiones sacamos la caída de presiones:

Tanque 32L

$$\frac{Kg}{m s^2} \leftrightarrow Pascales$$

$$\Delta P(t) = 6095000 Pa + \frac{997 \frac{Kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^3} * 0.505 m}{144} - 6094975,75 Pa$$

$$\Delta P(t) = 58,51 Pas$$

Tanque de 25L

$$\Delta P(t) = 6095000 Pa + \frac{997 \frac{Kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{s^3} * 0.465 m}{144} - 6094632.12 Pa$$

$$\Delta P(t) = 55,80 Pas$$

Una vez obtenido todos los valores obtenemos el flujo:

$$q(t) = C_v (v_p(t)) \sqrt{\frac{\Delta P(t)}{G}}$$

Tanque 32L

$$q(t) = 0,003849 \frac{m^3}{s} (1) \sqrt{\frac{58,51}{1}}$$

$$q(t) = 0,0294 m^3/s$$

Tanque 25L

$$q(t) = 0,003849 m^3/s (1) \sqrt{\frac{55,80}{1}}$$

$$q(t) = 0,0287 m^3/s$$

Balance de masa estacionario del tanque:

$$\frac{\rho q_i(t)}{7,48} - \frac{\rho q_o(t)}{7,48} = A_p \frac{dh(t)}{dt}$$

Donde:

A= área transversal del tanque

$$A = r^2 * \pi$$

$$A = 0.15^2 * \pi$$

$$A = r^2 * \pi$$

$$A = 0.070$$

7,48= factor de conversión

El líquido al entrar y salir del tanque tiene la misma la misma densidad entonces:

$$q_i(t) - q_o(t) = 0,52 \frac{dh(t)}{dt}$$

Al obtener una ecuación con dos incógnitas se formula otra ecuación para describir este proceso ahora para la válvula:

$$q_o(t) = C_v (v_p(t)) \sqrt{\frac{P_+ \frac{\rho g h(t)}{144} - P_2}{G}}$$

Entonces reemplazos $q_o(t)$ en el balance de masa estacionario

$$q_i(t) - C_v (v_p(t)) \sqrt{\frac{\left(P + \frac{\rho g h(t)}{144} - P_2\right)}{G}} = 0,52 \frac{dh(t)}{dt}$$

Linealizamos con respecto a h y Vp valores nominales del estado estacionario:

$$q_o(t) \approx \bar{q}_o + C_v \sqrt{\frac{P + \frac{\rho g \bar{h}}{144} - P_2}{G}} (vp(t) - \bar{vp}) + \frac{C_r \rho g vp}{288G} \left[\frac{P + \frac{\rho g h}{144} - P_2}{G} \right]^{-1/2} (h(t) - \bar{h})$$

Para simplificar la notación ponemos variable de C1 y C2:

$$C_1 = C_v \sqrt{\frac{P + \frac{\rho g h(t)}{144} - P_2}{G}}$$

Tanque 32L

$$C_{1T32} = 0,003849 \text{ m}^3/\text{s} \sqrt{\frac{6095000 \text{ Pa} + \frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 0.505\text{m} - 6094975,75 \text{ Pa}}{144}} \\ C_{1T32} = 0,0294$$

Tanque 25L

$$C_{1T25} = 0,003849 \text{ m}^3/\text{s} \sqrt{\frac{6095000 \text{ Pa} + \frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 0.465\text{m} - 6094632.12 \text{ Pa}}{144}} \\ C_{1T25} = 0,0287$$

Tanque 32L

$$C_2 = \frac{C_v * p * g * \bar{vp}}{288G} \left[\frac{P + \frac{p * g * h}{144} - P_2}{G} \right]^{-1/2}$$

C_{2T32}

$$= \frac{0,003849 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 1}{288(1)} \left[\frac{6095000 \text{ Pa} + \frac{(\frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 0.505\text{m})}{144} - 6094975,75\text{Pa}}{1} \right]^{-\frac{1}{2}} \\ C_{2T32} = 0,13057 * 0,1307 \\ C_{2T32} = 0,01706$$

Tanque 25L

C_{2T25}

$$= \frac{0,003849 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 1}{288(1)} \left[\frac{6095000 \text{ Pa} + \frac{(\frac{997\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}^2} * 0.465\text{m})}{144} - 6094632.12 \text{ Pa}}{1} \right]^{-\frac{1}{2}} \\ C_{2T25} = 0,1307 * 0,179 \\ C_{2T25} = 0,02339$$

Una vez que se sustituyan y se iguale a la diferencial se obtiene una ecuación diferencial lineal:

$$q_o(t) \simeq \bar{q}_o + C_1(vp(t) - \bar{vp}) + C_2(h(t) - \bar{h})$$

$$(q_i(t) - \bar{q}_o) - C_1(vp(t) - \bar{vp}) - C_2(h(t) - \bar{h}) = 0,52 \frac{dh(t)}{dt}$$

Al definir el estado estacionario alrededor del tanque tenemos:

$$\bar{q}_i - \bar{q}_o = 0$$

Con esto definimos las variables de desviación:

$$Q_i(t) = q_i(t) - \bar{q}_o$$

$$VP(t) = vp(t) - \bar{vp}$$

$$H(t) = h(t) - \bar{h}$$

Sustituyendo las variables en la ecuación diferencial linealizada:

$$Q_i(t) - C_1VP(t) - C_2H(t) = 0,52 \frac{dH(t)}{dt}$$

Como necesito libre la altura divido toda la ecuación para C_2 :

$$Q_i(t) - C_1VP(t) - C_2H(t) = 0,52 \frac{dH(t)}{dt}$$

$$\frac{Q_i(t)}{C_2} - \frac{C_1VP(t)}{C_2} - \frac{C_2H(t)}{C_2} = \frac{0,52}{C_2} \frac{dH(t)}{dt}$$

Donde:

$$\tau = \frac{0,52}{C_2}$$

$$K_1 = \frac{1}{C_2}, \frac{\text{metros}}{\text{Pascales}}$$

$$K_2 = \frac{C_1}{C_2}, \frac{\text{metros}}{\text{posicion de válvula}}$$

$$\tau \frac{dH(t)}{dt} + H(t) = K_1Q_i(t) - K_2VP(t)$$

Con esto se obtiene la transformada de Laplace

$$H(s) = \frac{K_1}{\tau s + 1} Q_i(s) - \frac{K_2}{\tau s + 1} VP(s)$$

Obteniendo las dos funciones de transferencia por cada tanque tenemos:

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{K_1}{\tau s + 1}$$

$$\frac{H(s)}{VP(s)} = -\frac{K_2}{\tau s + 1}$$

Entonces para el Tanque de 32L:

$$K_{1T32} = \frac{1}{C_{2T32}}$$

$$K_{1T32} = \frac{1}{0,01706} = 58,6166$$

$$K_{2T32} = \frac{C_{1T32}}{C_{2T32}}$$

$$K_{2T32} = \frac{0,0294}{0,01706} = 1,7233$$

$$H(s) = \frac{K_{1T32}}{\tau s + 1} Q_i(s) - \frac{K_{2T32}}{\tau s + 1} VP(s)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{58,6166}{\tau s + 1}$$

$$\frac{H(s)}{VP(s)} = -\frac{1,7233}{\tau s + 1}$$

Para el tanque de Tanque 25L

$$K_{1T25} = \frac{1}{C_{2T25}}$$

$$K_{1T25} = \frac{1}{0,02339} = 42,753$$

$$K_{2T25} = \frac{C_{1T25}}{C_{2T25}}$$

$$K_{2T25} = \frac{0,0287}{0,02339} = 1,2270$$

$$H(s) = \frac{K_{1T25}}{\tau s + 1} Q_i(s) - \frac{K_{2T25}}{\tau s + 1} VP(s)$$

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{42,753}{\tau s + 1}$$

$$\frac{H(s)}{VP(s)} = -\frac{1,2270}{\tau s + 1}$$

Función de transferencia

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{K_{1T32}}{\tau s + 1} \rightarrow \frac{58,6166}{\tau s + 1}$$

$$\frac{H(s)}{VP(s)} = \frac{-K_{2T32}}{\tau s + 1} \rightarrow \frac{-1,7233}{\tau s + 1}$$

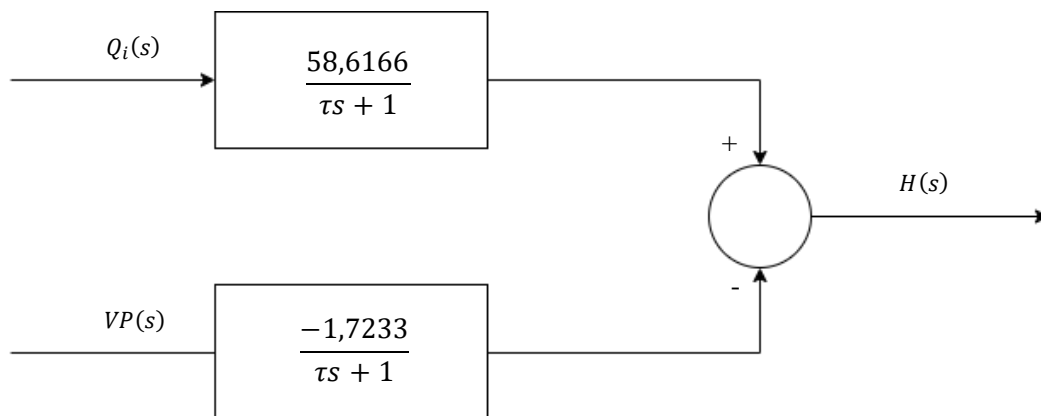


Ilustración 8-4: Diagrama de bloques del nivel del proceso de tanque de 32L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{K_{1T25}}{\tau s + 1} \rightarrow \frac{42,753}{\tau s + 1}$$

$$\frac{H(s)}{VP(s)} = \frac{-K_{2T25}}{\tau s + 1} \rightarrow \frac{-1,2270}{\tau s + 1}$$

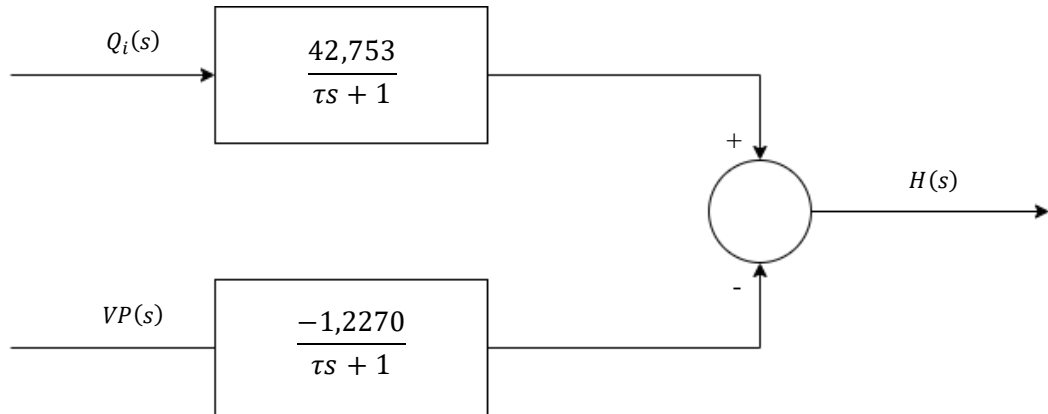


Ilustración 9-4: Diagrama de bloques del nivel del proceso de tanque de 25L

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

Los diagramas de bloques especifican el nivel de ganancia de cada tanque en nuestro sistema CIP de lavado existen dos por los tanques de 25L y el tanque de 32L a los cuales se les puede colocar los sensores en caso de necesitar automatizar el proceso de los tanques.

4.5. Automatización del sistema CIP

La automatización en esta clase de equipos puede ser una mejora para el proceso ya que no requeriría de un operario en todo momento, en síntesis, lo que el sistema automático del CIP realizara es un control de todas las válvulas para que pueda permitir o no la dosificación a medida que avanza el ciclo de limpieza y sanitización. Para configurar y controlar las diferentes combinaciones de operación lo más recomendable es usar un PLC (Controlador Lógico Programable) que comúnmente se utiliza en la industria para automatizar o para el control de maquinaria basado en un microprocesador que controla todos los transmisores, estos transmiten una señal como medir presiones, flujos, temperaturas, posiciones de válvulas, nivel, etc., En estos casos el microprocesador del PLC procesa las señales y ordena a los objetos de control como los motores, las bombas, válvulas que tomen parte y realicen su función determinada en el sistema CIP, con esto una vez que se realice la acción, el PLC las captas y continua con la siguiente etapa del sistema. Cuando existen diferentes áreas para controlar se puede interconectar varios PLCs para formar una red de comunicación, para controlar esta red se necesita una interfaz una pantalla que pueda ser controlada por el operario, se añade a su interfaz de lectura de datos un sistema de

control que registre y guarde los datos de cada ciclo de lavado de CIP y así tener un programa trazado a seguir (Martínez y María 2019, p. 95-97).

4.6. Descripción de etapas

Etapa 1 - Pre-enjuague

Para esta etapa se utiliza agua de red limpia a temperatura ambiente a 25°C para el primer Pre-enjuague a partir del primer ciclo de limpieza se utilizará agua recuperada de enjuagado alcalino para aprovechar el agua que tenga ya poder químico de limpieza. Este Pre-enjuague se realiza lo más pronto posible una vez que la cerveza del barril se ha consumido por completo con el fin de evitar incrustaciones o que se seque los residuos previos al lavado alcalino. Este lavado elimina cerca del 95 % de los residuos orgánicos. Este ciclo dura entre 6 y 10 min y finaliza cuando se han distribuido los litros calculados que son 13 L.

Etapa 2 - Lavado Alcalino.

Se realiza una solución de sosa caustica comercial con agua al 1% de concentración a una temperatura de 65 °C a 70 °C de 10L por cada barril, el total por cada ciclo es de 20L esta solución será recirculada, después volverá al tanque de sosa caustica y siempre se monitoreará su temperatura y concentración. La etapa concluye con un enjuagado intermedio con agua de red a una temperatura ambiente de 25°C este enjuague es de 13L y toda la etapa 2 dura 15 min esta agua después de recircular ingresa al tanque de recirculado para esperar al próximo ciclo de Pre-enjuague.

Etapa 3 – Lavado con sanitizante.

Se realiza con una solución del agente de limpieza comercial Star San HB entre sus componentes tenemos ácido fosfórico, Ácido dodecibenceno sulfónico, se utiliza siempre como enjuagado final ya que no requiere retirar para nuestro sistema usamos 25ml por cada 10L de agua lo recomendable por el fabricante con una frecuencia de 10 min.

Tabla 10-4: Sistema propuesto del sistema CIP

Número de etapa	Fluido	Concentración	Temperatura	Destino final
Pre-enjuague	Agua Recuperada	--	25°C	Drenaje
Lavado Alcalino	Hidróxido de Sodio	1%	70 °C	Recuperación / Drenaje
Enjuague Intermedio	Agua fresca	--	25 °C	Recuperación
Lavado con sanitizante	Sanitizante comercial	25ml:10L	25 °C	Recuperación / Drenaje

Fuente: (Shell 2005, p. 1-2)

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2023.

4.7. Validación del sistema CIP

Después del lavado de los barriles previo al vertido del alcantarillado se obtuvo los siguientes datos, en la tabla se expresó los valores obtenidos y los límites que cumplieron con la normativa del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9, con esto se verifica que el diseño es el adecuado y su funcionamiento cumple con la funcionalidad.

Tabla 11-4: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	Muestra 3 (M3)
Potencial de hidrógeno	pH	Unidades	6-9	6,23
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	U.N.T	50,0	3,57
Temperatura	°C	Unidades	<45,0	20,8
Conductividad	Microsiemens	µS/cm	..	474
Sólidos Suspendidos Totales	TDS	mg/L	1600	237
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/L	250,0	101
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	500,0	188

Fuente: (Ministerio del Ambiente TULSMA, 2017).

Realizado por: Espinoza, Hugo. 2022

Con los resultados obtenidos se pudo validar el diseño al cumplir con su función de limpieza y sanitización además de estar dentro de los rangos permitidos por la normalización del agua previo al vertido al alcantarillado de la ciudad de Riobamba donde radica la empresa Heisenbeer. El diseño de la empresa fue uno de los puntos clave para el diseño del equipo adaptándolo al espacio y necesidades teniendo un diseño centralizado para evitar pérdidas de calor o la necesidad de aislantes térmicos, bombas de gran capacidad de impulsión o costosos mecanismos de aumento de temperatura. Con base a los datos proporcionados por la empresa Heisenbeer su costo de horas trabajadas al mes (6 días) es de \$180 al mes y la hora de trabajo es de \$3.75, al necesitar 10 horas por cada ciclo de lavado manual de barriles (10 barriles) y de 3 o 4 operarios para la limpieza representa uno de los mayores gastos en la línea de producción al ser necesario los barriles óptimos en cada ciclo de producción de cerveza artesanal, con el diseño del presente sistema tenemos una producción de 4 barriles por hora teniendo así un tiempo de mejora de producción

de 2h:55min para el lavado total de 10 barriles mejorando así no solo los tiempos y recursos si no también reduciendo el gasto al solo ser necesario un operario para toda la limpieza de barriles.

CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de limpieza in situ CIP para el enjuagado, lavado y desinfección de los barriles para la empresa Heisenbeer, consta de 3 barriles conectados al sistema 1 de lavado alcalino, 1 de lavado con sanitizante y 1 de agua recuperada del ciclo CIP, cuenta con tuberías de 1 pulgada, bombas de impulsión, intercambiador de calor con aceite térmico como fuente de calor, conectores de mangueras industriales, sensores de temperatura, nivel y tiempo tiene una interfaz automática controlada por PLC todo esto para una capacidad de 2 barriles por ciclo de lavado.

Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua previo a la implementación del sistema para mantener los parámetros y la limpieza dentro del barril en todo momento, antes de comenzar con la limpieza y desinfección se tuvo que determinar que el agua utilizada en el sistema está limpia y dentro de los estándares lo que va a facilitar a la reacción de los reactivos.

Se analizó las variables en el lavado de barriles estableciendo así el tiempo de lavado total en 35 minutos por ciclo, el tiempo de recirculación en 10 minutos en etapa 1, 15 minutos en etapa 2 y 10 minutos en etapa 3, la temperatura de sosa caustica en 70 °C y la concentración en 1%, la presión y flujo de 2070 L/h con los cuales se diseñó el sistema de lavado CIP, teniendo dos programas dentro del controlador PLC uno de descarga siempre y otro de retorno.

Se estableció los cálculos de ingeniería dentro de los cuales dimensionamos los tanques de almacenamiento de las soluciones que intervienen en el sistema CIP de lavado de barriles, 2 barriles de 25 litros de volumen y 20 litros de volumen útil correspondientes al talque alcalino y tanque de sanitizante con un diámetro redondeado de 0.3m y un alto total redondeado de 0.45m , un tanque de 32 litros de volumen y 26 litros de volumen útil con un diámetro de 0.3m y de un alto total 0.50m, dos bombas centrifugas de ½ HP y un intercambiador de calor MF80.

Se validó el diseño propuesto de limpieza in situ CIP “Cleaning in place” mediante la caracterización físico – química del agua previo al vertido en base a la normativa TULSMA, Libro VI, Anexo I, Tabla 9, manteniendo sus índices por debajo del límite máximo permisible que establece la norma teniendo así un PH de 6,23, Turbiedad de 3,57 UNT, Temperatura de 20,8 °C, conductividad de 474 μ S/cm, solidos totales 237 TDS, DBO 101 mg/L y DQO 188 mg/L, cumpliendo así con la norma y validando el correcto funcionamiento del sistema.

RECOMENDACIONES

Se recomienda usar un reductor de conductividad al final del circuito para reducir la conductividad previa al vertido del agua

Se recomienda usar carbón activado para reducir los sólidos disueltos en la muestra previo al vertido del agua al alcantarillado.

Usar aislante térmico en los tanques de almacenamiento es una opción para mantener la temperatura de solución durante más tiempo esto en consejo si el clima o la temperatura no son favorables para evitar pérdidas de calor.

La correcta instalación de los acoples clamp son indispensables para evitar fugas y mal funcionamiento de los equipos, evitando no solo el desperdicio de recursos si no también la mala lectura de parámetros de control dentro del sistema.

El diseño fue implementado para ser desarmable en base a los requerimientos de la empresa Heisenbeer y los tamaños de las instalaciones, de esta manera se tendría un equipo acorde a la empresa y su necesidad teniendo la elección de realizarlo automático o semiautomático.

Se recomienda usar aire comprimido y CO₂ para maximizar la limpieza y mantener el barril limpio durante mucho más tiempo hasta la próxima vez que vuelva a entrar en contacto con el producto de cerveza artesanal.

BIBLIOGRAFÍA

APHA AWWA & WPCF. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. [en línea]. 17. Madrid: Díaz de Santos, S. A, 1992. [consulta: 18 diciembre 2022]. ISBN 978-84-7978-031-9. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1I9D-OinsCmZe_qvCCDKv90ScBtwnjddN/view.

BRANDT, M.J., JOHNSON, K.M., ELPHINSTON, A.J. y RATNAYAKA, D.D. “Valves and Meters”. *Twort’s Water Supply* [en línea], 2017, (7), pp 745-747. [consulta: 5 febrero 2023]. DOI 10.1016/B978-0-08-100025-0.00018-1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081000250000181>.

CERVEZA GREDOS. *Iniciación y elaboración de Cerveza Artesana: Limpieza y Desinfección*. [blog], 2013. [consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <http://www.cervezagredos.com/iniciacion-y-elaboracion-de-cerveza-artesana-limpieza-y-desinfeccion/>.

CZECH, *Barril de cerveza de acero inoxidable KEG 50 litros* [blog], 2019. [consulta: 22 noviembre 2022]. Disponible en: <https://eshop.czechminibreweries.com/es/product/keg-50-euro/>

DAVEY, K.R., CHANDRAKASH, S. y O’NEILL, B.K. “A new risk analysis of Clean-In-Place milk processing”. *Food Control* [en línea], 2013, vol. 29, no. 1, ISSN 09567135. DOI 10.1016/j.foodcont.2012.06.014.

DAVIES, S., SYKES, T., PHILIPS, M. y HANCOCK, J., 2015. Hygienic design and Cleaning-In-Place (CIP) systems in breweries. *Brewing Microbiology: Managing Microbes, Ensuring Quality and Valorising Waste*, DOI 10.1016/B978-1-78242-331-7.00010-1.

ENDRESS+HAUSER INTERNATIONAL, 2023. Detección de nivel conductiva Liquipoint FTW32. . S.l.:

FIVE STAR CHEMICALS, 2009. Ficha de datos de seguridad de star san HB. [en línea]. Colorado: [consulta: 8 noviembre 2022]. FSC, 002. Disponible en: https://www.cocinista.es/download/bancorecursos/documentos/Manuales/Star_San_HB_SDS_E_S.pdf.

FRONTIER™, 2020. Frontier™ Product Specifications. *Pahusa* [en línea], [consulta: 26 enero 2023]. Disponible en: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0439/2416/0676/files/Continental-Frontier.pdf?v=1646254868>.

GOOGLE MAPS, 2022. Laboratorio de Procesos Industriales- Epoch- Google Maps. [en línea]. [consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/maps/place/LABORATORIO+DE+PROCESOS+INDUSTRIALES/@1.6557409,78.6814961,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d3070985470a35:0x83e31b047a2e0642!8m2!3d-1.6557773!4d-78.6792723>.

HIDROGLOBAL GAER ®, 2021. Válvula de mariposa concéntrica tipo «lug» ® PN16. [en línea]. S.l.: [consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: www.matwatertechnologies.com.

INGENIERÍA OMEGA, 2023. ¿Qué es un medidor de pH y cómo funciona? . [en línea]. [consulta: 6 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.omega.com/en-us/resources/ph-meter>.

NTE INEN 2262 *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Requisitos.*

LATORRE, M., BRUZONE, M.C., DE GARCIA, V. y LIBKIND, D. “Microbial contaminants in bottled craft beer of Andean Patagonia, Argentina”. *Revista Argentina de Microbiología*, 5,(2022) pp. 3-9, ISSN 03257541. DOI 10.1016/J.RAM.2022.05.006.

LEMA, M. Diseño de un Sistema de Limpieza de Tipo Sanitario (CIP) para Industria de Alimentos Lácteos [en línea] (Trabajo de titulación) Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2007. pp. 7-56 [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4261/1/6781.pdf>.

MADE IN CHINA. 2022. Soldadura de tubo sanitarias + Férula Tri + Abrazadera de acero inoxidable Empaquetadura de PTFE SUS SS 304 - China El Tri ABRAZADERA, abrazadera de la férula. [en línea]. [consulta: 26 enero 2023]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_sh-kaiquan/product_Sanitary-Pipe-Weld-Ferrule-Tri-Clamp-PTFE-Gasket-Set-Stainless-Steel-SUS-Ss-304_ehyisehhg.html.

MARTÍNEZ, L. y MARÍA, V. Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de quesos. [en línea], (Trabajo de titulación) Universidad de Valladolid, Valladolid, España. 2019.

pp. 95-97 [consulta: 3 febrero 2023]. Disponible en:
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/34437/TFG-I-1049.pdf?sequence=1%C3%A7>.

ANEXO 1 DEL LIBRO VI. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.

MOERMAN, F., RIZOULIÈRES, P. y MAJOOR, F.A. Cleaning in place (CIP) in food processing. *Hygiene in Food Processing: Principles and Practice: Second Edition*. S.l.: Elsevier Inc. 2013a, pp. 305-383. ISBN 9780857094292.

MOTT, R.L., 2006. *Applied fluid mechanics*. S.l.: Prentice Hall. ISBN 0131146807.

MUÑOZ LUCAS, S. y SANCHEZ GARCÍA, R., 2018. El agua en la industria alimentaria. *Boletín Sociedad Española Hidrología Médica*, vol. 33, no. 2, ISSN 02142813. DOI 10.23853/bsehm.2018.0571.

MURILLO, M., 2021. Limpieza e higiene en la industria alimentaria: Compuestos de limpieza. *Kemical* [en línea]. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://kemical.net/compuestos-de-limpieza/>.

NAYLAMP, 2021. Sensor de Temperatura RTD PT100 (3 hilos). *Mechatronics SAC* [en línea]. [consulta: 5 febrero 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/322-sensor-de-temperatura-pt100-3-hilos.html>.

NTE INEN 1108. *Agua Potable Requisitos* [en línea]. enero 2014. Ecuador: s.n. [consulta: 8 noviembre 2022]. 1108. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1108-5.pdf.

PROPIEDADES FÍSICAS. *Teoría náutica y marítima*, 2015.

SAGAFLUID, 2017. ¿Qué es un SISTEMA CIP? . [en línea]. [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=O9Ogjh6B53Q&t=109s>.

SHELL, 2005. Shell Thermia Oil B Aceite para transferencia térmica. . S.l.:

SMITH, C.A. y CORRIPIO, A.B. *Principles and practice of automatic process control*. S.l.: Wiley , 1985. ISBN 0471883468.

SUHER, C.Y., ALMARZA, J., PEDRIQUE, F., CÁRDENAS, C. y HERRERA, L. Optimización del proceso de tratamiento de aguas residuales de una industria cervecera. *Interciencia* [en línea], 2009. vol. 34, no. 11, [consulta: 7 noviembre 2022]. ISSN 0378-1844. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

TORRES, C. 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 titulación). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. 2012, pp. 120-124.

TRUPER S.A, 2023. Bomba centrífuga para agua modelo europeo, 1/2 HP. [en línea]. S.l.: [consulta: 7 febrero 2023]. Disponible en: https://www.truper.com/ficha_tecnica/views/ficha-print.php?id=190.

VIRUEGA SEVILLA, D. *Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de cerveza* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. [consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/30907/TFG-I-844.pdf?sequence=1>.

ZENDEJAS RODRÍGUEZ, A. CLEANING-IN-PLACE PROCESS MONITORING. [en línea]. Colima 2016.: [consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <https://dspace.colima.tecnm.mx/bitstream/handle/123456789/129/Reporte%20Final%20del%20Proyecto.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.



ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA DE BOMBA CENTRIFUGA 1/2 HP



CÓDIGO: 10072 CLAVE: BOAC-1/2

Bomba centrífuga para agua modelo europeo, 1/2 HP, Expert

- Se utiliza cuando se quiere bombear un mayor volumen de agua
- Ofrece caudal y altura
- Altura máxima: **23 m**
- Flujo máximo: **90 L/min**
- Profundidad máxima de succión: **8 m**
- Ideal para llevar el agua de la cisterna al tinaco
- Motor cerrado, con aletas exteriores que ayudan a una mejor ventilación
- Compacta y silenciosa



Capacitor para mayor potencia al arranque



Impulsor de latón



Balero metálico



Motor con bobinas de COBRE
2x Mayor durabilidad que las de aluminio

Certificaciones y garantías

- Cumple las normas: NOM-003-SCFI / NOM-004-ENER / NOM-014-ENER



Especificaciones

Potencia	1/2 HP
Altura máxima	23 m
Flujo máximo	90 L/min
Máxima profundidad de succión	8 m
Diámetro de Entrada / Salida	1" NPT
Velocidad	3,450 rpm
Ciclo de trabajo	50 minutos de trabajo por 20 minutos de descanso. Máximo diario 6 horas
Tensión / Frecuencia	127 V / 60 Hz
Consumo	5 A
Dimensiones (Base x Altura x Fondo)	17 x 22 x 28 cm

D.R. © Truper S.A. de C.V. 2023 | Todos los derechos reservados.

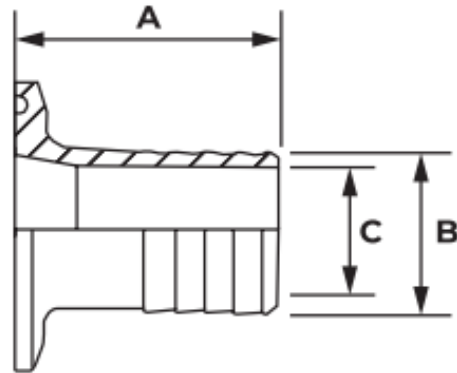
Prohibida su reproducción o divulgación total o parcial así como su uso o aprovechamiento sin autorización escrita de Truper, S.A. de C.V.

ANEXO B: FICHA TÉCNICA DE ACOPLER CLAMP



HGA

ADAPTER CLAMP - HOSE



FEATURES DESIGN

Material: SS 304 or 316L
ASTM A270
Polish 320G (I&O)

DIMENSIONS

SIZE		A		B		C		Peso
CLAMP	HOSE	inch	mm	inch	mm	inch	mm	Kg
1/2"	1/2"	1.50	38.1	0.84	21.3	0.625	15.9	0.04
3/4"	3/4"	1.50	38.1	0.84	21.3	0.625	15.9	0.05
1"	1"	1.69	42.9	1.0	25.4	0.813	20.7	0.10
1 1/2"	1 1/2"	1.69	42.9	1.5	38.1	1.313	33.4	0.10
2"	2"	2.31	58.7	2.0	50.8	1.813	46.1	0.19
2 1/2"	2 1/2"	2.34	59.4	2.5	63.5	2.313	58.8	0.21
3"	3"	3.09	78.5	3.0	76.2	2.844	72.2	0.35
4"	4"	3.41	86.6	4.0	101.6	3.844	97.6	0.53

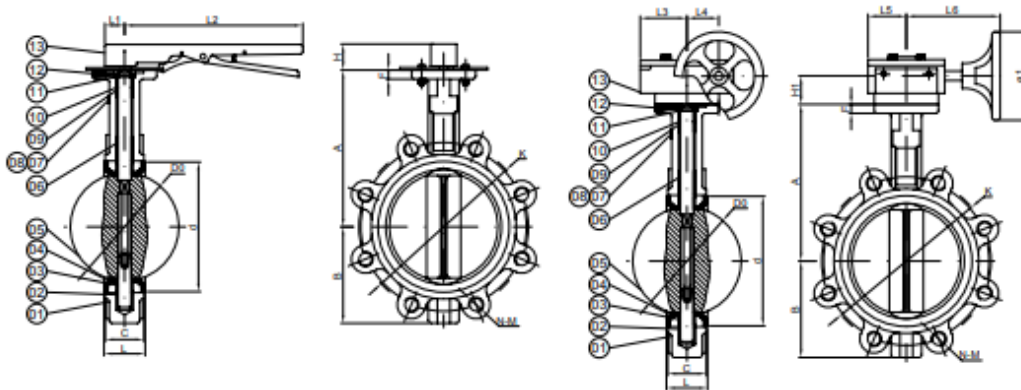
* Note: Dimensions, design and materials are subject to change without notice. Reference photos.

ANEXO C: FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA DE MARIPOSA

ER-V10-261 (S16)

COMPONENTES Y MATERIALES

	Parte	Material	Estándar
1	Cuerpo	FD	GGG40
2	Cojinete Largo	Bronce lubricado	
3	Eje	Acero inoxidable	SS420
4	Asiento	Caucho	EPDM
5	Disco	Acero inoxidable	CF8M
6	Eje superior	Acero inoxidable	SS420
7	Remache	Aluminio	L3
8	Placa Identif.	Acero inoxidable	SS304
9	Cojinete Corto	Bronce lubricado	
10	Junta Tórica	Caucho	NBR
11	Anillo Separador	Acero al carbono	Q235-A
12	Circlip	Acero al carbono	65Mn
13	Actuador	AC: DN50-DN350; FD: DN400-DN600	



DIMENSIONES EXTERIORES

	DN	L	C	A	B	H	L1	L2	H1	L3	L4	L5	L6	Ø1	
1	2"	50	43	46	125	73	28	52	267	40	53	45	53	155	150
2	2-1/2"	65	46	49	136	82	28	52	267	40	53	45	53	155	150
3	3"	80	46	49	142	91	28	52	267	40	53	45	53	155	150
4	4"	100	52	55	163	107	28	52	267	40	53	45	53	155	150
5	5"	125	56	59	176	127	28	52	267	40	53	45	53	155	150
6	6"	150	56	59	197	143	28	52	267	40	53	45	53	155	150
7	8"	200	60	64	230	170	38	75	359	40	76	63	76	237	300
8	10"	250	68	72	260	204				40	76	63	76	237	300
9	12"	300	78	82	292	240				46	78	78	78	255	300
10	14"	350	78	82	368	267				46	78	78	78	255	300
11	16"	400	102	107	400	325				110	181	104	254	104	285
12	18"	450	114	119	422	345				110	181	104	254	104	285
13	20"	500	127	132	480	378				110	181	104	254	104	285
14	24"	600	154	159	562	475				128	200	131	301	131	385

ANEXO D: FICHA TÉCNICA DE ACERO INOXIDABLE AISI 316



FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE			
TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE
PROPIEDADES FÍSICAS	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.02 - 16.5
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	13711398
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1.008
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(μΩm)	0.73 - 0.74
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130185 / -
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7085 / -
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm ²)	540690 / -
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm ²)	205410 / -
	ELONGACIÓN (A5) MIN	(%)	
	RESILIENCIA KCU / KVL	(J/cm ²)	160 / 180

* Son aceptables tolerancias de un 1%

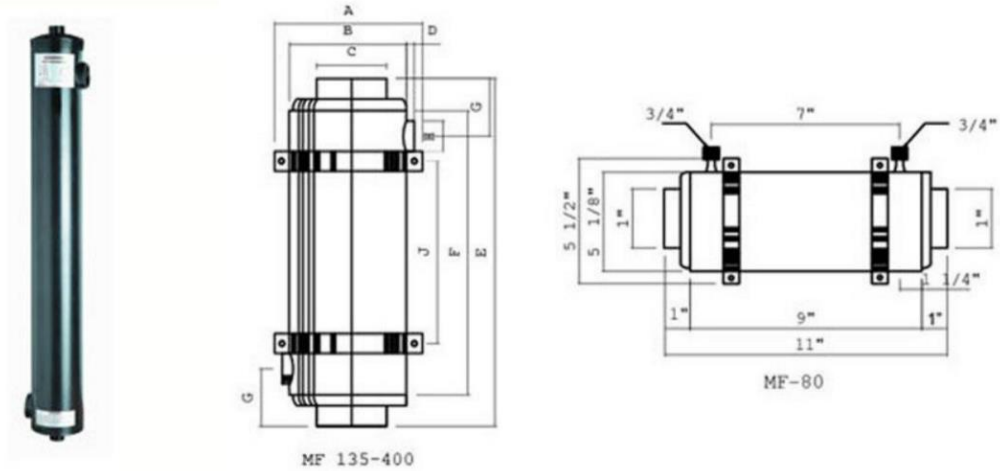
FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE			
TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP (0.2) A 300C/400C/500C	(N/mm ²) 140 / 125 / 105
		RP (1) A 300C/400C/500C	(N/mm ²) 166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ ₁ /10 ⁶ /t (N/mm ²)	82 / 62 / 20 / 6.5
TRATAMIENTOS TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)	ENFR. RÁPIDO 10081120
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C)	1200 / 925
	FORMACIÓN DE CASCARILLA. SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD		MUY BUENA
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%
	EMBUCCIÓN		BUENA

* Son aceptables tolerancias de un 1%

TIPO	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Tensil	0.2% Yield	Elongation	Direction	Handness HRB
Min.						16,00	10,00	2,00		485,00	170,00	40,00		
Max.	0,030	0,750	2,00	0,045	0,030	18,000	14,000	3,00	0,100					95,00
	0,024	0,570	1,38	0,025	0,001	16,80	10,04	2,05	0,039	642,00	301,00	50,00		82,00

Composición Química								
AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
AISI 316	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0/18.0	10.0/14.0	2.0/3.0
AISI 316L	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0/18.0	10.0/14.0	2.0/3.0

ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR MF-80



Model	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	Weight(lb)
MF-135	51.2"	51.8"	1"	1.4"	131.2"	11"	3"	11.2"	4"	31.2"	8
MF-200	51.2"	51.8"	1"	1.4"	183.4"	16"	3"	11.2"	9"	31.2"	11
MF-260	51.2"	51.8"	1"	1.4"	233.4"	211.4"	3"	11.2"	14"	31.2"	14
MF-400	51.2"	51.8"	1"	1.4"	413.4"	393.8"	3 1/2"	2"	31 1/2"	4"	24
MF-80	see figure						6				

Parameter

Model		MF-80	MF-135	MF-200	MF-260	MF-400
Output Heat	Btu/hr	95	135	200	260	400
	Kw	25	40	60	75	120
	Kca/h	20	34	51	65	100
Hot Water Flow	Ft	1.8	1.0	1.7	2.3	6.0
	L/min	30	25	30	35	50
Cold Water Flow	Ft	0.3	2.7	4.5	6.0	8.0
	L/min	25	200	250	300	360
Surface Heat Transfer	Sq-ft	2.0	3.2	4.8	6.4	11.8
	M	0.2	0.3	0.45	0.6	1.1
Pool Area	m ²	< 30	30-60	60-75	75-116	115

Shell Thermia Oil B

Aceite para transferencia térmica



válvula de presión constante y una línea de by-pass.

- Para el caso de calentadores por llama, debe evitarse la incidencia directa de la misma sobre el serpentín de aceite a fin de evitar sobrecalentamientos localizados.
- Es necesario incluir en el circuito un tanque de expansión de capacidad suficiente para soportar la expansión térmica del fluido dentro del sistema. Como regla, puede estimarse que el aceite a 300°C ocupa un 20% más de volumen que cuando se encuentra a temperatura ambiente. Es recomendable diseñar el tanque de tal modo de minimizar la superficie de contacto aceite/ aire.
- El tanque debe estar colocado en el punto más alto del sistema y conectado a la succión de la bomba para proveer una altura neta positiva de succión (NPSH) suficiente para evitar la cavitación de la bomba.
- El circuito debe poseer venteos a modo de poder eliminar las bolsas de vapor y de aire que pudieran formarse durante la puesta en marcha y operación.
- Para los casos de sistemas presurizados, es recomendable eliminar el agua que pudiera encontrarse en el sistema previamente a la puesta en marcha. Para ello, se sugiere elevar la temperatura lentamente hasta 110°C con venteos continuos. Luego, puede incrementarse hasta los valores de trabajo con purgas periódicas de vapor.
- El sistema debe estar instrumentado para monitorear el caudal y temperatura del aceite en los puntos críticos, como ser a cada lado del calentador. Debe también contar con dispositivos de seguridad que actúen en caso de fallas de la bomba o temperaturas excesivas.

Características Típicas

Shell Thermia Oil B	
Viscosidad cinemática @ 40°C, cSt	35,0
Índice de viscosidad (VI)	95
Densidad a 15/4°C, g/cc	0,873
Punto de inflamación, COC, °C	206
Punto de escurrimiento, °C	-12
Coefficiente de expansión térmica, 1/°C	0,00076

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

Salud y Seguridad

El aceite Shell Thermia B no presenta riesgo para la salud cuando es usado en las aplicaciones recomendadas y se observan los niveles adecuados de higiene personal e industrial. Para una información más detallada sobre higiene y seguridad, solicite la Hoja de Seguridad de Producto al Centro Técnico Shell.

Asesoramiento Técnico

Para aplicaciones no contenidas en esta publicación, consulte al Centro Técnico Shell.

ANEXO G: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SOSA CAUSTICA



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU


SOSA CAUSTICA LIQUIDA



SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

- 1.1 Identificador del producto:** SOSA CAUSTICA LIQUIDA
- 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:**
Usos pertinentes: Varios. Uso exclusivo profesional.
Usos desaconsejados: Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3
- 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:** Kemegal Químicos, S.L.
Rúa da Industria, S/N - A Laxe
36600 Vilagarcía de Arousa - Pontevedra - Spain
Tfno.: +34 986 504 166 / +34 986 099 433 -
Fax: +34 986 099 392
info@kemegal.es
www.kemegal.es
- 1.4 Teléfono de emergencia:** +34 986 504 166

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

- 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:**
Reglamento nº1272/2008 (CLP):
La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP).
Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318
Skin Corr. 1A: Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314
- 2.2 Elementos de la etiqueta:**
Reglamento nº1272/2008 (CLP):
Peligro
- 
- Indicaciones de peligro:**
Skin Corr. 1A: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
- Consejos de prudencia:**
P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol
P264: Lavarse concienzudamente tras la manipulación
P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección
P301+P330+P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito
P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse
P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración
P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando
P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico
- Sustancias que contribuyen a la clasificación**
Hidroxido de sodio
- 2.3 Otros peligros:**
No relevante

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

- 3.1 Sustancia:**
No aplicable
- 3.2 Mezclas:**
Descripción química: Producto/s diverso/s

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES (continúa)

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 1310-73-2 CE: 215-185-5 Index: 011-002-00-6 REACH: 01-2119457892-27-XXX	Hidroxido de sodio Reglamento 1272/2008 Skin Corr. 1A: H314 - Peligro	ATP CLP00 50 - <75 %

Para ampliar información sobre la peligrosidad de la sustancias consultar los epígrafes 8, 11, 12, 15 y 16.

ANEXO H: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE STAR SAN HB

FSC-002 - STAR SAN HB

Fecha de revisión 6/11/2013

2.2 Elementos de la etiqueta



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
H290 - Puede ser corrosivo para los metales

Consejos de prudencia - EU (528, 1272/2008)

P101 - Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta
P280 - Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección
P304 + P340 - EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P310 - Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico
P301 + P330 + P331 - EN CASO DE INGESTIÓN: enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando
P405 - Guardar bajo llave
P501 - Enjuagar el envase vacío y depositarlo en un contenedor, de acuerdo con las disposiciones locales legales vigentes

2.3 Otros peligros

Sección 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

3.1 Sustancias

Nombre químico	N.º CE	N.º CAS	% peso	Clasificación según la Directiva 67/548/CEE	Clasificación según la normativa (CE) n.º 1272/2008 [CLP]	Número de registro REACH
Ácido fosfórico	Presente	7664-38-2	50%	C; R34	Skin Corr. 1B (H314) Met. Corr. 1 (H290)	Sin determinar
Ácido dodecibenceno sulfónico	Presente	27176-87-0	5-15%	Xn; R21/22 C; R34	Skin Corr. 1C (H314) Acute Tox. 4 (H302) Acute Tox. 3 (H311)	Sin determinar
Proprietario	Presente	Proprietario	< 5%	-	Sin determinar	Sin determinar

Texto completo de las frases R: ver la sección 16

Texto completo de las frases H y EUH: ver la sección 16

Sección 4: PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Contacto con los ojos	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Llame a un médico inmediatamente.
Contacto con la piel	Enjuagar inmediatamente con abundante agua. Quitarse las prendas contaminadas. Lavar las prendas contaminadas antes de volver a utilizarlas. Acudir al médico en caso de irritación.

ANEXO I: LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO

REVISIÓN DEL ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 9. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	50,0
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cínc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados y carbamatos	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220,0
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 45,0
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

ANEXO J: NORMA NTE INEN 1108

5. REQUISITOS

5.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5.2 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁸ Ra		

ANEXO K: FICHA DE SEGURIDAD MANGUERA A ALTA PRESIÓN FRONTIER

Air & Multipurpose
General Purpose
Heavy Duty
Push-on
Chemical Transfer
Cleaning Equipment
Food & Beverage Transfer
Food Washdown
Marine
Material Handling
Abrasives
Bulk Transfer
Cement & Concrete
Mining
Petroleum
Aircraft Fueling
Dispensing
Dock
Rig Supply
Transfer Discharge
Transfer S&D
Specialty
Steam
Vacuum
Water
Discharge
Suction & Discharge
Washdown
Garden
Welding
Coupling Systems
Equipment
Appendix

Frontier™ 200

Order Codes: 536-035 (2' black), 536-040 (2' red), 569-009 (black), 569-011 (red), 569-038 (yellow), 569-547 (blue)

SAP #				ID		Nom. OD		Max. WP		Weight	
Black	Red	Blue	Yellow	in.	mm	in.	mm	psi	MPa	lb./ft.	kg/m
20025544	20025733		20709043	3/16	4.8	0.44	11.2	200	1.38	0.08	0.12
20025553	20025735	20026919	20654587	1/4	6.4	0.50	12.7	200	1.38	0.09	0.13
20025565	20025748	20026920		5/16	7.9	0.58	14.7	200	1.38	0.12	0.18
20025572	20025750	20338093	20026337	3/8	9.5	0.67	17.0	200	1.38	0.15	0.22
20025591	20025773	20026921	20026353	1/2	12.7	0.81	20.6	200	1.38	0.20	0.30
20025610	20025787	20026923		5/8	15.9	0.97	24.6	200	1.38	0.27	0.40
20025619	20025799	20026925	20026358	3/4	19.1	1.12	28.5	200	1.38	0.34	0.51
20025714	20025966	20026928	20026361	1	25.4	1.44	36.8	200	1.38	0.54	0.80
20025649	20025826	20736320	20026364	1 1/4	31.8	1.73	44.0	200	1.38	0.75	1.12
20025655	20025834	20340494	20026366	1 1/2	38.1	1.98	50.3	200	1.38	0.86	1.28
20022897	20022939			2	50.8	2.50	63.5	200	1.38	1.16	1.73

Hose design ratio (burst pressure) 4:1.

Frontier™ 250

Order Codes: 569-010 (black), 569-012 (red), 569-039 (yellow), 569-506 (green), 569-548 (blue)

SAP #				ID		Nom. OD		Max. WP		Weight		
Black	Red	Yellow	Green	Blue	in.	mm	in.	mm	psi	MPa	lb./ft.	kg/m
20025667	20025844	20026368	20742873	20742876	1/4	6.4	0.53	13.5	250	1.72	0.11	0.16
20025670	20025865				5/16	7.9	0.59	15.0	250	1.72	0.13	0.19
20025674	20025869	20026374	20742874	20617089	3/8	9.5	0.70	17.8	250	1.72	0.17	0.25
20025685	20025899	20026375	20026807	20617190	1/2	12.7	0.84	21.3	250	1.72	0.22	0.33
20025695	20025922	20026376			5/8	15.9	0.98	24.9	250	1.72	0.27	0.40
20025701	20025932	20026379	20026809	20026929	3/4	19.1	1.14	29.0	250	1.72	0.35	0.52

Hose design ratio (burst pressure) 4:1.

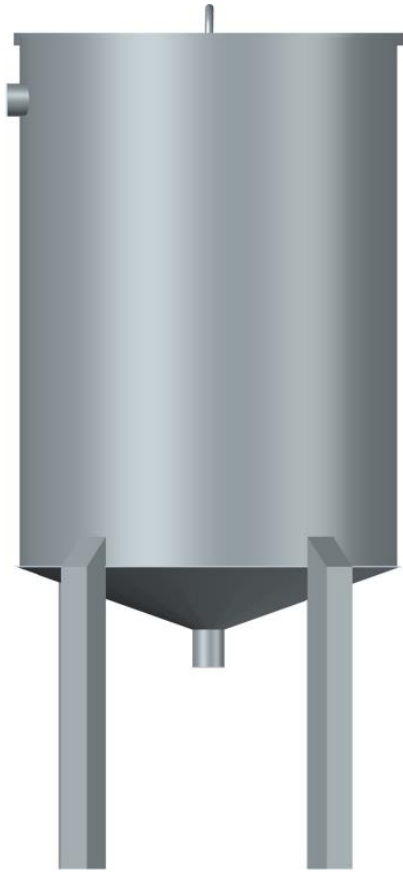
Frontier™ 300

Order Codes: 569-516 (yellow), 569-557 (red), 569-560 (green), 569-559 (black), 569-562 (blue)

SAP #				ID		Nom. OD		Max. WP		Weight	
Red	Yellow	Green	Black	in.	mm	in.	mm	psi	MPa	lb./ft.	kg/m
20026960			20026997	1/4	6.4	0.53	13.5	300	2.07	0.10	0.15
20026971	20127382	20761181	20027001	3/8	9.5	0.70	17.8	300	2.07	0.17	0.25
20026980	20127385	20761182	20027003	1/2	12.7	0.84	21.3	300	2.07	0.22	0.33
20026985	20026845	20048519	20183079	3/4	19.1	1.15	29.2	300	2.07	0.37	0.55
20026992	20026859	20048546	20027011	1	25.4	1.48	37.3	300	2.07	0.58	0.86

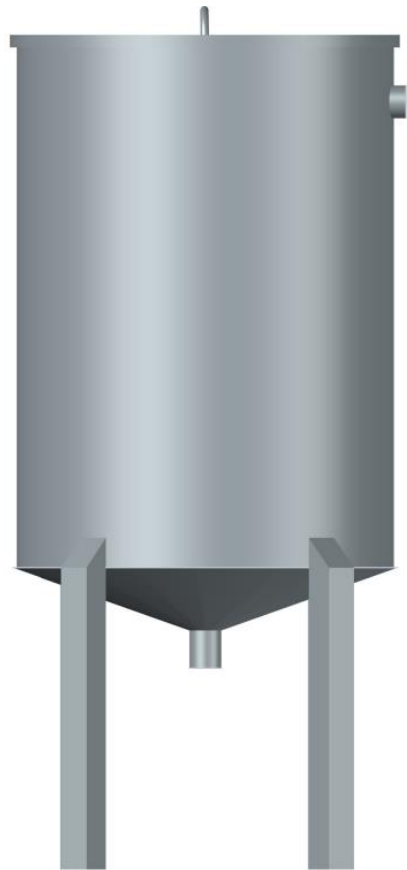
Hose design ratio (burst pressure) 4:1.


ANEXO L: DISEÑO DE TANQUES

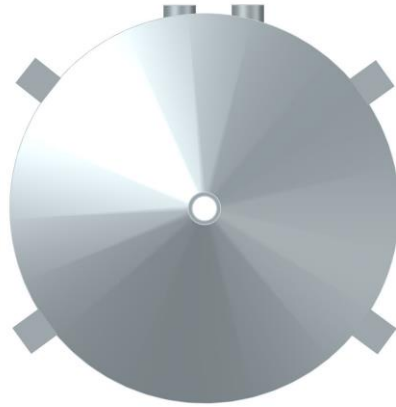
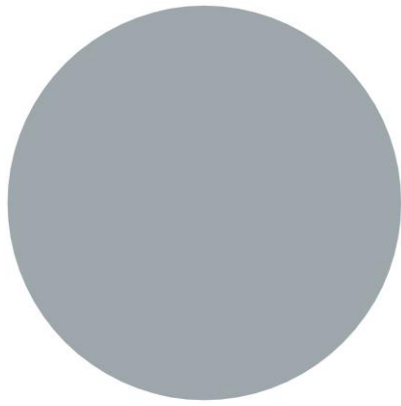


Elevación Lateral
Izquierda

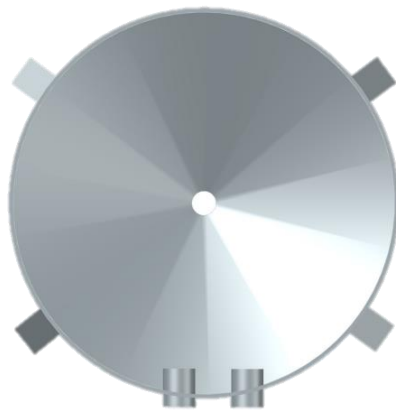
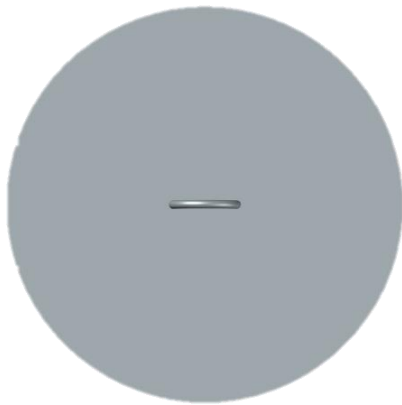
Elevación Lateral
Derecha




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER.	
NOMBRE: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA.	

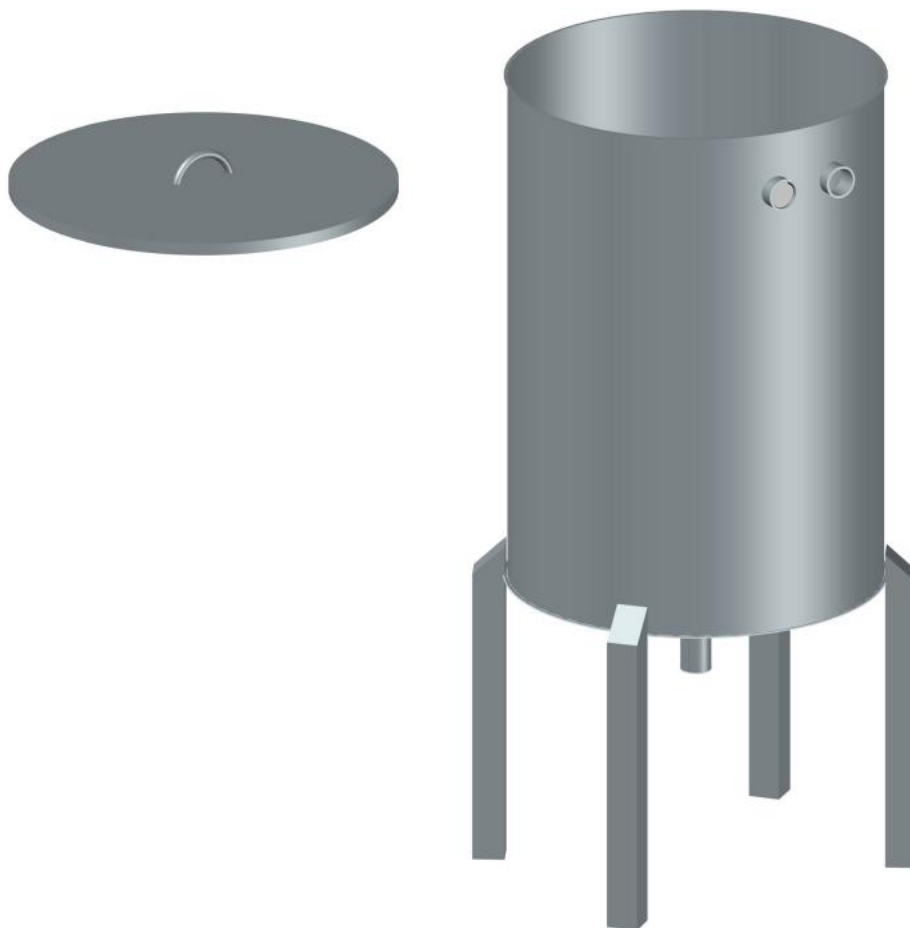


Elevación
Inferior




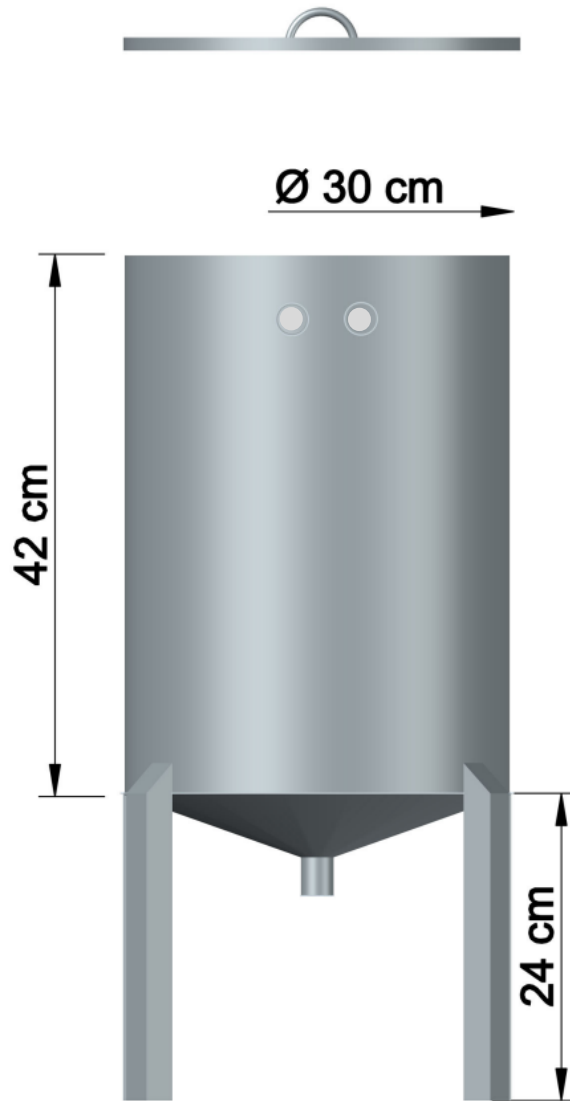
Elevación
Superior

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
	FACULTAD DE CIENCIAS	CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
	TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER.	
	NOMBRE: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA.	




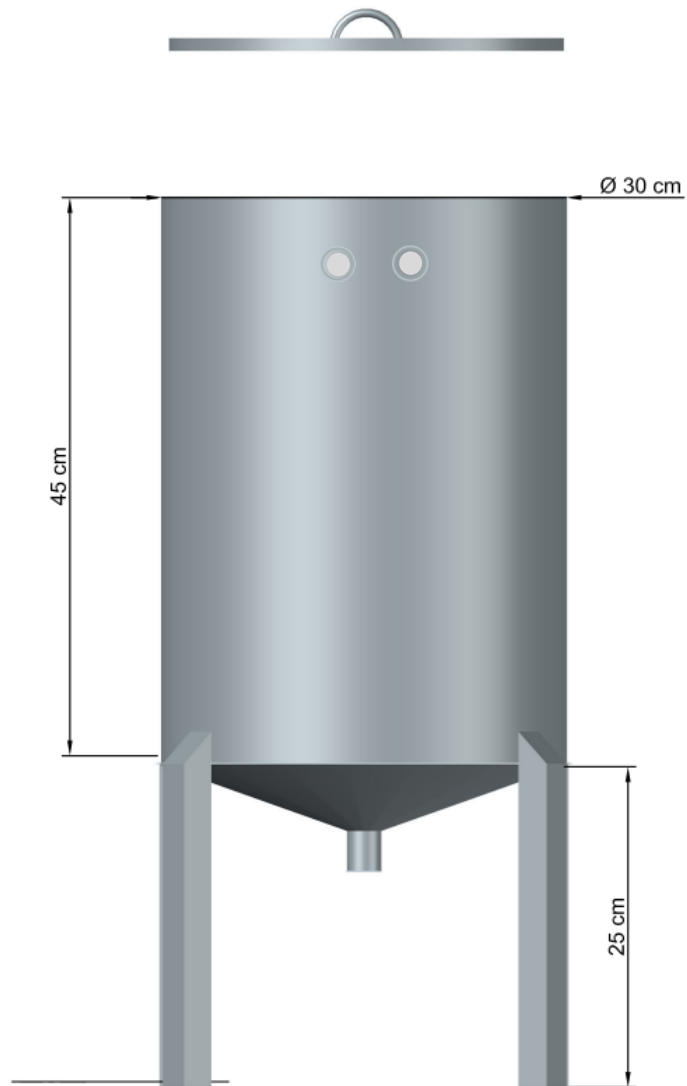
Vista
Isométrica

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
	TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER.
	NOMBRE: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA.




Medidas Finales
Tanque 25 L

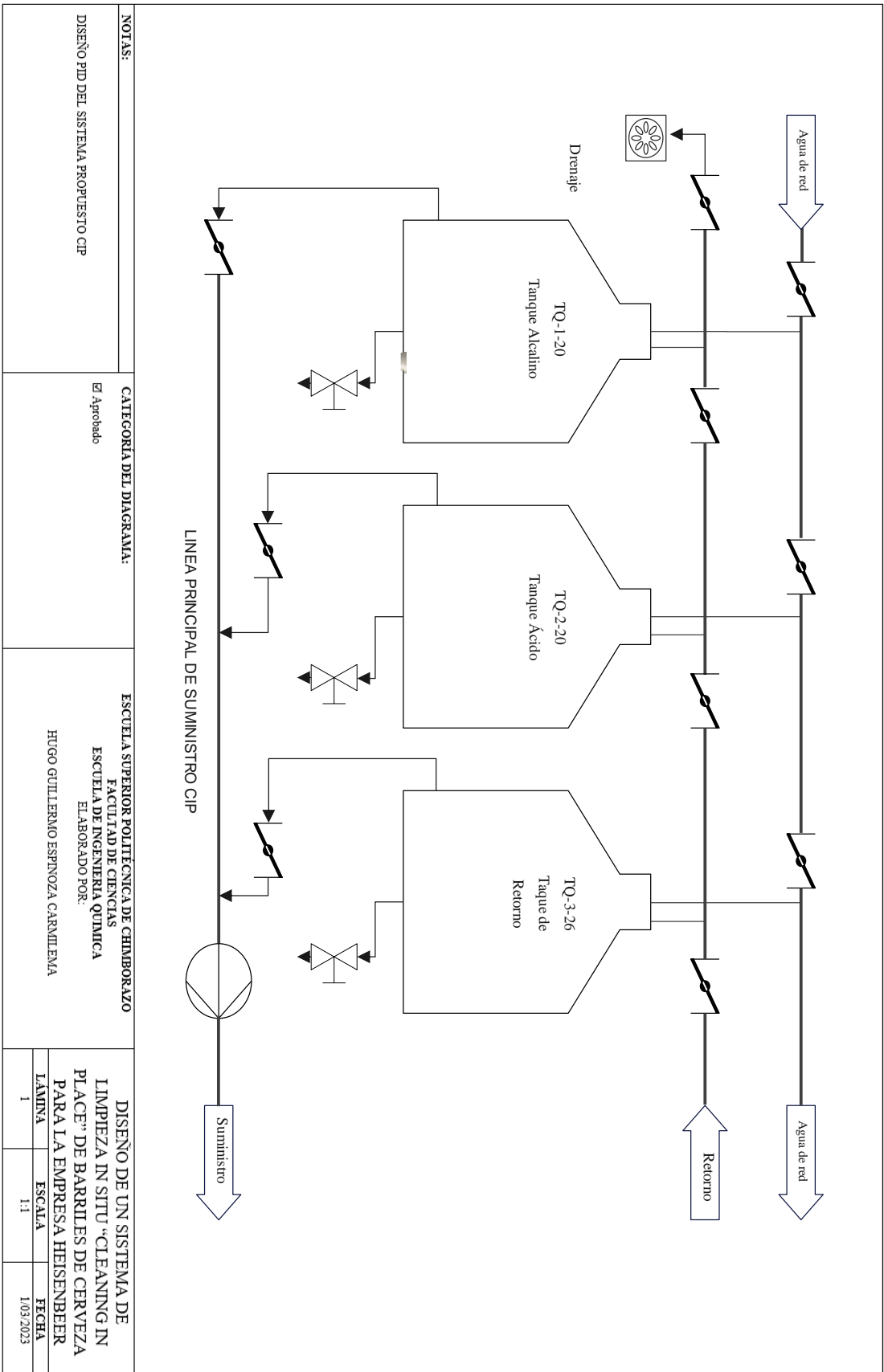
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
	FACULTAD DE CIENCIAS	CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
	TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER.	
	NOMBRE: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA.	



Medidas Finales
Tanque 32 L

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE CIENCIAS
	CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
	TEMA: DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER.
	NOMBRE: HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMILEMA.

ANEXO M: DISEÑO PID DEL SISTEMA PROPUESTO CIP



NOTAS:

DISEÑO PID DEL SISTEMA PROPUESTO CIP

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

Ej. Aprobado

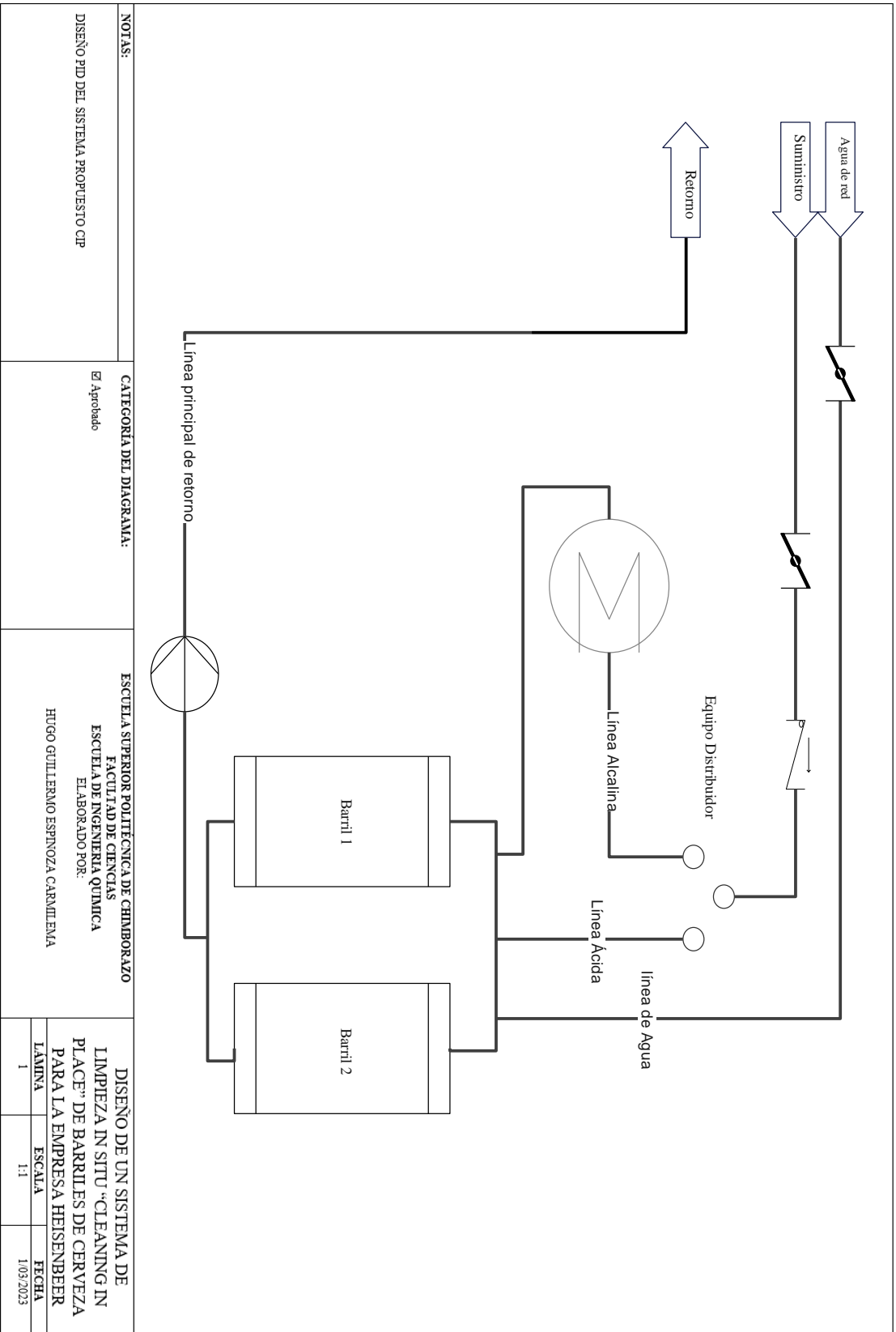
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 HUGO GUILLELMO ESPINOZA CARMELINA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	1/03/2023

CONTINUACIÓN



NOTAS:

DISEÑO PID DEL SISTEMA PROPUESTO CIP

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

Aprobado

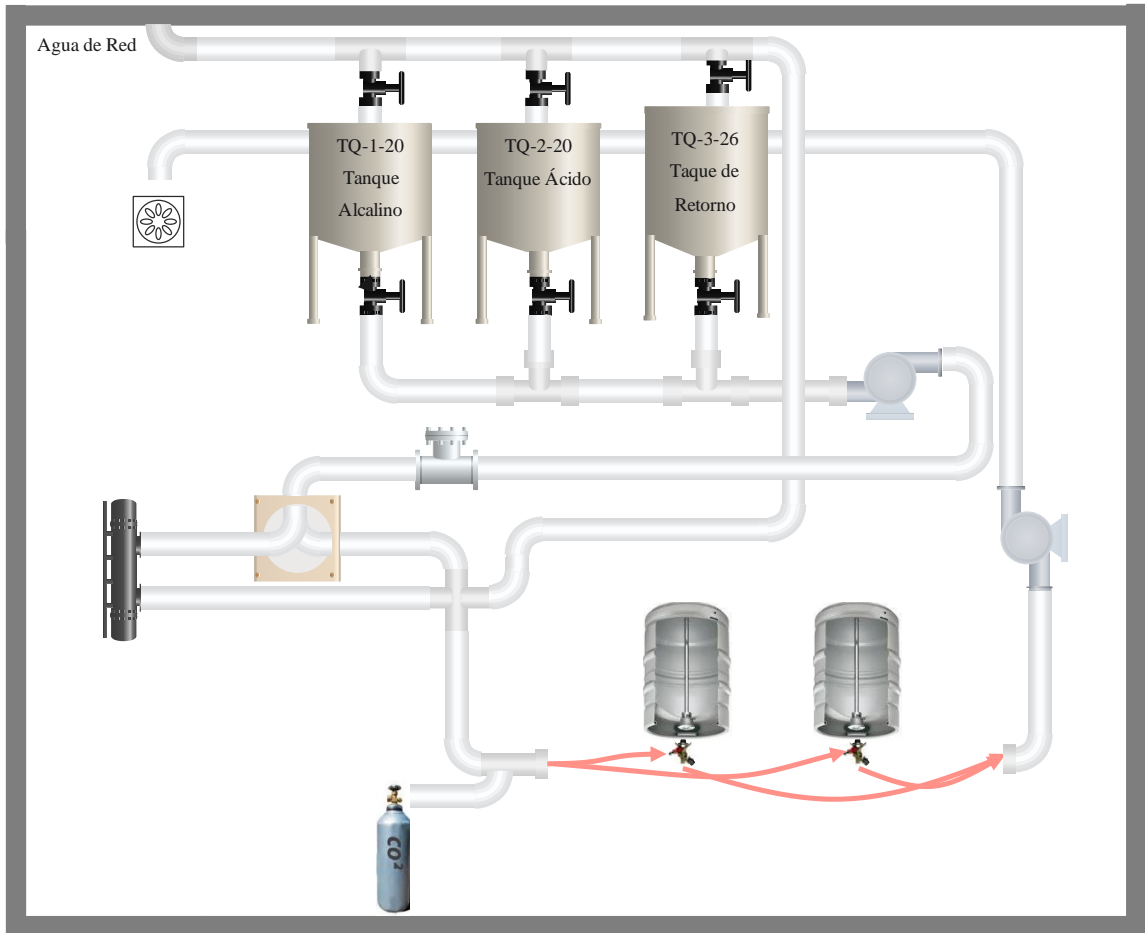
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 HUGO GUILLERMO ESPINOZA CARMUEVA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA IN SITU "CLEANING IN PLACE" DE BARRILES DE CERVEZA PARA LA EMPRESA HEISENBEER

LÁMINA	1	ESCALA	1:1	FECHA	1.03.2023
--------	---	--------	-----	-------	-----------

ANEXO N: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL SISTEMA PROPUESTO CIP





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 04 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Hugo Guillermo Espinoza Carmilema.
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0750-DBRA-UTP-2023

