



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN COMPLEXIVO**

**TEMA:** DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CIP (CLEAN IN PLACE) PARA LA LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SABORIZANTE LIQUIDO.

**Autores:**

CUADRADO MOREJÓN LEONARDO FRANCISCO  
GUERRA ALVAREZ MARIO ESTEVAN

**Acompañante:**

MSc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES

**Milagro, mayo 2018  
ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Nosotros, Leonardo Francisco Cuadrado Morejón y Mario Estevan Guerra Álvarez en calidad de autores y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación –Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CIP (CLEAN IN PLACE) PARA LA LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SABORIZANTE LÍQUIDO del Grupo de Investigación CALIDAD, PRODUCTIVIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 16 días del mes de mayo de 2018

Leonardo Francisco Cuadrado Morejón  
CI: 092136827-0

Mario Estevan Guerra Álvarez  
CI: 171124076-0

## APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, MSc. Alberto Andrés León Batallas en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por los estudiantes Leonardo Francisco Cuadrado Morejón y Mario Estevan Guerra Álvarez, cuyo título es: DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CIP (CLEAN IN PLACE) PARA LA LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SABORIZANTE LÍQUIDO, que aporta a la Línea de Investigación CALIDAD, PRODUCTIVIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE previo a la obtención del Grado Ingeniería Industrial; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 16 días del mes de mayo del 2018.



MSc. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES

C.I.: 0704304450

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

León Batallas Alberto Andrés

Moreno Castro Denny William

Avilés Noles Manuel Andrés

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta práctica, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial presentado por el señor Leonardo Francisco Cuadrado Morejón.

Con el título:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CIP (CLEAN IN PLACE) PARA LA LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SABORIZANTE LÍQUIDO.

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

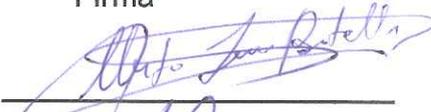
Investigación documental	[ ]	75.67
Defensa oral	[ ]	20
Total	[ ]	95.67

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

APROBADO

Fecha: 16 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente:	León Batallas Alberto Andrés	
Secretario:	Moreno Castro Denny William	
Integrante:	Avilés Noles Manuel Andrés	

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

León Batallas Alberto Andrés

Moreno Castro Denny William

Avilés Noles Manuel Andrés

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta práctica, previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial presentado por el señor Mario Estevan Guerra Álvarez.

Con el título:

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CIP (CLEAN IN PLACE) PARA LA LIMPIEZA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE SABORIZANTE LÍQUIDO.

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

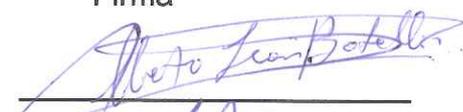
Investigación documental	[ ]	75.67
Defensa oral	[ ]	20
Total	[ ]	95.67

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado)

APROBADO

Fecha: 16 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente:	León Batallas Alberto Andrés	
Secretario:	Moreno Castro Denny William	
Integrante:	Avilés Noles Manuel Andrés	

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme cubierto con su manto sagrado, darme perseverancia, sabiduría y más que todo salud para poder lograr este objetivo, ya que con Dios todo sin el nada.

### **A mi madre Marianela.**

Quien me ha dado todo su apoyo en cada momento, por sus consejos, por todos sus valores inculcados, que han hecho de mí una persona de bien y más que todo por creer en mí, esto va por ti.

### **A mis Abuelos Piedad y Manuel (QEPD)**

Por haberme criado, inculcado el respeto, la responsabilidad y por todo su amor, esto también va por ustedes.

### **A mis Padrinos Dora y Mesías**

Que han sido de gran apoyo en mi carrera profesional y por todo su apoyo incondicional.

### **A mi Familia y Amigos**

Ya que siempre estuvieron ahí en los momentos difíciles, apoyándome hasta el final, los quiero mucho

Leonardo Francisco Cuadrado Morejón

## DEDICATORIA

El llegar a culminar ésta etapa universitaria ha requerido del apoyo de varias personas que forman mi círculo familiar, por ello dedico este trabajo:

A mi amada esposa Jimena quien es el apoyo principal de mi ser, quien ha estado junto a mi durante muchos años cuidando de toda la familia dando con esfuerzo y tesón lo mejor de sí para que yo no flaquee en el camino arduo de ser padre, trabajar y estudiar una carrera universitaria.

A mi madre quien desde pequeño me enseñó a luchar y no desmayar en los proyectos personales, aun cuando el camino sea duro de recorrer siempre me incentivó a luchar por mis objetivos y salir adelante.

A mis hijos, a quienes amo mucho y son la razón de mi ser, ellos han sido la fuerza de empuje que me impulsa día a día a seguir adelante siendo para ellos un ejemplo de responsabilidad, dedicación y lucha por concluir la carrera de ingeniería.

Mario Estevan Guerra Álvarez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme dar un gran paso en el ámbito profesional y por cumplir uno de mis objetivos fijados, a la Universidad UNEMI por darme la oportunidad de estudiar en sus prestigiosas aulas y excelente pedagogía, a mi tutor Ing. León Batallas por su enorme apoyo brindado y compartir todos sus conocimientos y enseñar todas las directrices para poder concluir esta investigación , a todos los docentes que forman parte de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería ya que formaron parte de mi evolución académica y a tener un criterio formal en el ámbito laboral, a mis compañeros de aula que fueron parte de mi vida cotidiana y a la Msc. Pacheco Rosita que estuvo alentándome desde el inicio de mi carrera universitaria.

A mis padres por su apoyo incondicional, mis mejores amigos por siempre creer en mí, a mi familia que está orgullosa por este gran logro y si se me escapa alguien, a todas las personas que hicieron posible mi carrera como Ing. Industrial.

Leonardo Francisco Cuadrado Morejón

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios quien es el que hace posible todo en la vida, por sus bendiciones con la salud, el trabajo y la familia por quienes hay que seguir adelante.

Al Ing. Byrone Almeida, Ing. Ítalo Mendoza y a todos mis maestros que semestre a semestre me motivaron con sus enseñanzas a valorar los estudios e impartieron en nosotros sus amplios conocimientos para formarnos como personas y profesionales éticos con deseos de superación.

A mi esposa Ana Meneses quien ha sido pilar importante durante este periodo, con su apoyo, consejos y aliento he logrado concluir esta etapa universitaria.

Agradezco a mi madre Gladys Álvarez porque ella supo inculcar en mí los valores de la responsabilidad y dedicación para con ellos llegar a conseguir las metas trazadas.

A todos mis compañeros que día a día compartieron su tiempo para llevar a cabo el arduo camino de la carrera de Ingeniería Industrial.

Mario Estevan Guerra Álvarez

## ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido	
DERECHOS DE AUTOR .....	2
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL.....	3
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	4
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	8
ÍNDICE GENERAL.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ÍNDICE DE TABLA.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	18
METODOLOGÍA.....	28
DESARROLLO DEL TEMA.....	29
CONCLUSIONES.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanques de Acero Inoxidable. ....	23
Figura 2. Bombas de alimentación del CIP y de retorno. ....	23
Figura 3. Tubo de Acero inoxidable. ....	24
Figura 4. Actuadores, Electroválvulas. ....	24
Figura 5. PLC (Programmable Logic Controller) ....	25
Figura 6. Sensores de Niveles de agua. ....	25
Figura 7. Intercambiador de calor. ....	26
Figura 8. Layout área de almacenamiento de proceso. ....	29
Figura 9. Mapeo del proceso actual. ....	30
Figura 10. Layout área de almacenamiento del proceso con CIP. ....	31
Figura 11. Diagrama del proceso con el sistema CIP: ....	32
Figura 12. Mapeo del ciclo de lavado. ....	33
Figura 13. Flujograma del funcionamiento del Sistema CIP. ....	37

## ÍNDICE DE TABLA.

Tabla 1. Asignación de variables del sistema CIP. ....	35
--	----

---

## RESUMEN

El presente estudio se basa en el diseño de un Sistema de Limpieza in Situ CIP que tiene como objetivo ayudar en la disminución de tiempo y riesgos físicos en el proceso de limpieza de los tanques para almacenamiento de saborizantes líquido, garantizando una correcta limpieza que cumpla con los estándares de inocuidad exigidos para la elaboración de alimentos.

Hemos determinado que para el efecto se usará un ciclo corto de limpieza, por lo tanto, primero es necesario hacer un pre-enjuague utilizando agua recuperada del ciclo anterior. Después se realizará la limpieza profunda aplicando solución de agua más ácido nítrico, la cual tiene como función el desprendimiento final de elementos y por último se realizará el enjuague con agua caliente a 80 °C, calentada a través de un serpentín por el cual se transporta vapor saturado. Con ellos se garantiza la desinfección de las superficies de los tanques.

Para ello se hizo una investigación profunda de cómo funciona un sistema CIP, que elementos son los necesarios, cual es la configuración de bombas de impulsión y retorno, los materiales indicados anteriormente deben ser de acero inoxidable de grado alimenticio para mantener la calidad óptima en nuestro proceso. Todo el funcionamiento será controlado por medio de un PLC.

**PALABRAS CLAVE:** AUTOMATIZACIÓN, CIP, INOCUIDAD, LIMPIEZA EN EL SITIO, VAPOR SATURADO.

## ABSTRACT

The present study is based on the design of a Cleaning System in Situ CIP that has the objective of helping in the reduction of time and physical risks in the process of cleaning the tanks for storage of liquid flavorings, guaranteeing a correct cleaning that complies with the safety standards required for the preparation of food.

We have determined that a short cleaning cycle will be used for the effect, therefore, it is necessary to make a first pre-rinse using water recovered from the previous cycle. Deep cleaning will then be carried out by applying a solution of water plus nitric acid, which has the function of the final release of elements and finally the rinse with hot water at 80 ° C heated through a coil through which saturated steam is transported. With them, the disinfection of tank surfaces is guaranteed.

For them, an in-depth investigation was made of how a CIP system works, what elements are necessary, what is the configuration of impulse and return pumps, the indicated materials given that these are equipment used for the preparation of food should be made of steel food grade stainless. All operation will be controlled by means of a PLC.

**KEYWORDS:** Automation, CIP, food safety, cleaning on site, saturated steam.

## INTRODUCCIÓN

La creciente competitividad de las industrias de alimentos, farmacéuticas y químicas ha entrado en una fase de obligación para garantizar la inocuidad y calidad de sus productos. Esto ha generado una gran preocupación por la limpieza e higiene de los equipos involucrados en la producción, el tiempo para esta limpieza es otro factor a considerar, ya que la producción no puede frenarse por el hecho de realizar la limpieza, muy importante y necesaria en los equipos.

Como una respuesta para los problemas y muy aparte que las condiciones de calidad que a medida que pasaban los años se fueron poniendo más exigentes en la limpieza, fue introducido en los años 50 el concepto de CIP que proviene del inglés *Cleaning In Place*, que significa limpieza en el sitio. Donde CIP es un método que involucran elementos como tanques, tuberías, bombas, válvulas, intercambiadores de calor y en general equipos por los que normalmente fluye la materia prima o el producto, se lavan automáticamente haciendo re-circular soluciones químicas y de enjuague. Lo que nos permite realizar una limpieza sin desmontar los equipos, ni involucrar personas directamente.

Nuestro deseo es diseñar un sistema eficaz de limpieza que a la vez limpie, desinfecte y esterilice tanques estacionarios con una frecuencia de 15 días, sin la necesidad de quitar o desmontar alguna parte que integre el equipo y extinguir el riesgo físico de los operadores que ejecutan actualmente en la limpieza de forma manual. (Ili Jara, 2010)

Esta limpieza se va a llevar acabo con equipos y una red de circuito cerrado de tuberías que están en contacto directo con el producto, donde vamos a utilizar agua y aditivos químicos que nos ayudaran con limpieza total del tanque, así de esta manera lograríamos eliminar microorganismos y residuos físicos que con las limpiezas manuales no se lograba.

El presente proyecto nace de la necesidad de optimizar el proceso de lavado de tanques, debido a que el método manual no es eficiente y no garantiza una limpieza profunda del estanque o depósito, ya que ello depende de la habilidad del operador. Además, se debe tomar en cuenta la elevada inversión de tiempo que se requiere para el efecto de la limpieza. En la mayor parte de los procesos industriales los elementos utilizados en la limpieza generalmente son desechados

sin una adecuada disposición, lo que genera una consecuencia mayor de contaminación del medio ambiente y un alto costo para la empresa. Este método de limpieza CIP se encuentra ya en una gran cantidad de plantas procesadoras de bebidas, alimentos y se busca determinar si es posible desarrollarlo en la limpieza de estanques de 10 m<sup>3</sup> utilizados en almacenamiento de saborizante líquido. (Saez, 2017)

En la presente investigación nos centralizamos en diseñar y escoger los elementos involucrados en un sistema CIP para tener una limpieza completa en dos tanques de almacenamiento, limpieza que se ejecutará con una frecuencia de 15 días con el fin de cumplir con las normativas de inocuidad gubernamentales.

# CAPÍTULO 1

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La limpieza de los elementos involucrados en los procesos de elaboración de alimentos es un tema muy importante a considerar, por ello en nuestro estudio vamos a detallar el proceso actual de limpieza de los tanques de saborizantes líquidos, el por qué diseñar un CIP, las ventajas y desventajas de implementarlos. Se encuentra definida en los procedimientos de BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) la limpieza de los tanques de saborizantes con una frecuencia de 15 días. La limpieza actualmente la realiza un operador de forma manual, primero se para sobre una escalera metálica, abre la escotilla superior y usando una hidrolavadora retira los residuos gruesos de la parte interior del tanque, luego se introduce al tanque usando un traje impermeable para realizar la limpieza desde el interior del tanque, se realiza el desalojo de los residuos en tanques de 55 galones mediante una bomba neumática de diafragmas, toda la operación de limpieza toma actualmente 2,5 horas por cada tanque y conlleva riesgos para el operador tales como:

- Caída o resbalamiento desde la escalera.
- Sofocamiento al estar en el interior del tanque.
- Riesgo ergonómico al estar sobre la escalera.

Para mejorar el proceso de limpieza se va a diseñar un sistema CIP compuesto de 3 tanques para el manejo de agua, agua de recirculación y ácido nítrico, una bomba de presión para la impulsión de las soluciones de limpieza, una bomba de retorno de los líquidos residuales de la limpieza.

El sistema CIP está concebido para facilitar la limpieza interior del tanque de almacenamiento, eliminar los riesgos que puede sufrir el operador, reducir el tiempo de la limpieza y garantizar una eficiencia y eficacia de la limpieza. Estas ventajas permiten a las industrias ser más competitivas ya que la implementación de sistemas CIP es un plus intrínseco a la hora de ofrecer un producto final de calidad e inocuo al consumidor.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### **Sistema CIP.**

Sistema CIP del inglés "*Cleaning In Place*" que significa limpieza en el sitio, es una técnica aplicablemente utilizada para limpiar equipos sin la necesidad de desmontarlos; haciendo circular por ellos soluciones detergentes a concentraciones, temperatura y caudal apropiado.

El CIP fue desarrollado para la industria lechera a principio del año 1950, ya que para esa fecha todos los tanques eran lavados a mano y físicamente limpiados por personas que se introducían en los tanques, en el caso las tuberías obligatoriamente las desmontaban para luego cepillarlas, enjuagarlas, sanitizarlas y volverlas a armar, su limpieza era demasiado compleja y tediosa. Todo esto implicaba que casi el 50% de los trabajadores que pertenecían al proceso de producción estaban directamente asociados con las operaciones de limpieza del equipo. Esto afectaba directamente a la productividad de la planta. (Simeone, 2017)

A medida que pasaban los años las empresas eran más competitivas y necesitan a su personal en la línea de producción al 100%, por esa razón estaban obligados a crear un tratamiento distinto que debía ser implementado en la limpieza. El resultado de esto es a lo que hoy en día llamamos un sistema CIP.

CIP es un componente importante que nos garantiza la inocuidad de los alimentos en la planta de procesamiento. Ayuda en la limpieza exitosa de los equipos entre lotes de producción y evita la contaminación potencial de productos que no cumplen con los estándares de calidad. (Rivera, 2016)

Este sistema está involucrado directamente en la Industria (Alimenticia, Farmacéutica, Cosméticos y Química.). Ya que trata de una limpieza del sistema interior de las tuberías, recipientes, filtros, equipos de procesos y equipos asociados sin desmontar.

Cualquiera que sea el modo de CIP de la operación, las soluciones de limpieza se drenan periódicamente y cuando es considerando que es demasiado contaminado se desecha la solución. (Thomas, 2014)

Durante el proceso de limpieza CIP se puede sanitizar el equipo productivo con una inversión menor de tiempo para el efecto.

El proceso de Limpieza comprende tres estados:

- Limpieza: Exterminar toda la suciedad.
- Desinfección: Minimizar el número de bacterias microbiológicas en las tuberías y las superficies.
- Esterilización: Exterminar todos los elementos potenciales contaminantes.

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema es de vital importancia que se lleve un mantenimiento preventivo y proactivo en el equipo CIP para alargar la vida útil del mismo. (Harutiunian, 2009)

## **Unidad CIP**

Una unidad CIP es un sistema hidráulico compuesto por varios elementos tales como depósitos o tanques de fluidos de limpieza, bombas y equipos adicionales por los cuales se va a transportar las sustancias que se usará en el proceso de limpieza.

El sistema CIP está concebido para reemplazar las limpiezas manuales que se ejecutan en las industrias garantizando al final una asepsia de calidad en los equipos productivos mediante el retiro de los residuos orgánicos, grasas y otros elementos propios del proceso. (Berg, 2017)

## **Funcionamiento de la unidad CIP**

Un sistema CIP estandarizado está integrado por varios tanques de abastecimiento. Uno de ellos para la solución de ácido, otro para el agua recuperada y el último para una red directa de agua. También cuenta con un circuito de dosificación de ácido o soda caustica, entrada de agua directa de red,

salida al colector del CIP y el retorno del CIP, teniendo un circuito cerrado (cíclico) durante el tiempo que se establezca según el tipo de máquina que se vaya a limpiar.

### **Programas de limpieza que permiten los sistemas CIP.**

Los programas de limpieza CIP van a trabajar en función del nivel de limpieza que el proceso requiere, se tiene identificado dos tipos de programas de limpieza:

- Programa Corto: Inicia con una limpieza de residuos gruesos con la recirculación de agua recuperada; el segundo paso es la recirculación de agua con sosa o ácido nítrico durante el tiempo establecido y en tercer lugar se realiza un enjuague con agua de la red la cual almacenamos en el depósito de agua recuperada que nos servirá para el paso inicial de la próxima limpieza.
- Programa Largo: En este programa se ejecuta los tres pasos del programa corto y se adicionan dos recirculaciones adicionales de limpieza los que involucran una limpieza con ácido y finalmente se un enjuague con agua de red.

### **Métodos que realiza el sistema CIP.**

Los procesos CIP de limpiezas utilizadas en las industrias de fabricación de alimentos pueden tener tres esquemas de uso y se los selecciona de acuerdo a la operación requerida:

- **Un solo uso.**- En las que todas las limpiezas se utilizan una sola vez.
- **Un solo uso/ Recuperación.**- Sistemas en los que las soluciones de lavado ácido/cáusticos se utilizan un número pre-determinado de veces.
- **Re-uso.** - Típicamente se recupera la solución de lavado con ácido/caustica y la almacenan para el próximo evento de limpieza para ello se determina si la conductividad de la solución sigue siendo eficaz. (Pettigrew, 2014)

### **Parámetros para su adecuada realización.**

La eficacia de la limpieza se acondiciona previamente por factores como: agentes químicos, energía mecánica, la temperatura y el tiempo de procesamiento, que juntos forman el circuito Sinner y que son muy importantes para una eficaz y eficiente ejecución de la limpieza.

La variación de uno de los parámetros significa la acción prolongada de los demás por ejemplo si reducimos el tiempo de limpieza la temperatura deberá incrementarse para lograr el efecto esperado, o si reducimos la temperatura necesitaremos de una mayor acción mecánica.

### **Soluciones que interviene en el sistema CIP: Detergentes y Desinfectantes:**

En el sistema CIP, las soluciones de limpieza utilizadas incluyen varios tipos de detergentes y desinfectantes.

Los detergentes que se utilizan pueden ser alcalinos o ácidos. Los detergentes alcalinos usados comúnmente son hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, carbonato de sodio, etc.

Los detergentes ácidos incluyen ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido cítrico, etc. Los desinfectantes más utilizados en la industria de procesamiento de alimentos incluyen agentes oxidantes tales como hipoclorito, peróxido de hidrogeno, ozono y por ácido acético.

### **Dispositivos de limpieza.**

Actualmente existe una gran gama de dispositivos de limpieza y se clasifican en los siguientes tipos:

- **Limpieza Estática (Spryballs).** Estos son los más utilizados en la limpieza de tanques o recipientes, se emplea para una limpieza más sencilla a la hora de remover residuos y más solubles en agua o aditivos utilizados, su

instalación es muy básica, su mantenimiento no es complejo y su costo es bajo. Se caracterizan porque tienen determinada cantidad de orificios de cierto diámetro distribuidos por toda su superficie, su alcance es de 8 metros a una presión de 2,5 bares.

- **Limpieza Rotativa.** Este dispositivo tiene una mayor precisión a la hora de la limpieza, su instalación es un poco más compleja ya que estos contienen rodamientos dinámicos esto le da la posibilidad que giren con la propia presión del flujo de la limpieza. Se caracterizan por que el cabezal rociador no tiene perforaciones pequeñas alrededor de su superficie, sino que todo el líquido disponible se proyecta a través de una, dos o tres toberas de chorro, su alcance es de 10 metros y la presión 20 bares.
- **Limpieza Orbital.** Estos dispositivos se los utiliza para una limpieza más compleja, cuando se encuentren con residuos más difícil de remover y para diámetros más grandes su alcance es de 27 metros y la presión 20 bares.

#### **Elementos que conforman un sistema CIP.**

- Tanques de acero inoxidable.
- Bomba centrífuga.
- Válvulas y actuadores neumáticos.
- Tuberías de acero inoxidable.
- Aspersor rotativo.
- Control de temperatura.
- Sensores de nivel.
- Reguladores de control de vapor.
- Filtros.
- Válvulas checks (anti-retorno).
- Unidades de mantenimiento de aire.
- Intercambiador de calor.
- Sistemas eléctricos de control.
- PLC de control

## Descripción de los accesorios del Sistema CIP.

En el diseño de la aplicación del presente proyecto se han utilizado los siguientes elementos:

- **Tanques de acero inoxidable.** - Debido a que el sistema CIP va a ser implementado en la limpieza de tanques de un proceso de elaboración de alimentos el material a usar es el Acero inoxidable austenítico 316L el cual garantiza los diseños tipo grado alimenticio, éste acero se compone de algunas aleaciones Cromo-Cobalto y el Titanio. La capacidad de los tanques para el presente sistema será de 1,5m<sup>3</sup> y serán instalados de acuerdo al layout propuesto en el desarrollo del proceso. Para el sistema a implementarse se va a disponer de 3 tanques para el manejo del agua caliente, el agua recuperada y el ácido nítrico.



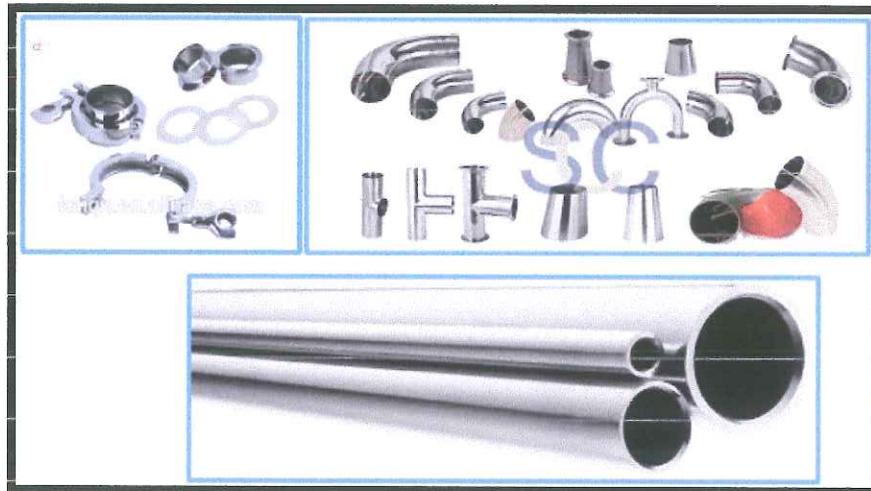
*Figura 1. Tanques de Acero Inoxidable.*

- **Bombas.** - de Presión para Lavado y retorno. Para la transportación de los líquidos de limpieza desde el sistema CIP hacia los equipos que requieren limpieza se deben instalar bombas centrífugas de alta presión. Para el retorno de las soluciones se recomienda usar las bombas especialmente diseñadas para el efecto, ya que el líquido de retorno puede contener aire.



*Figura 2. Bombas de alimentación del CIP y de retorno.*

- **Tubería Inoxidable 316L.**- las tuberías serán el medio de transporte de las soluciones en función del caudal y presión de cada una de las bombas se deberá seleccionar el diámetro de las mismas, ello depende de la curva característica de cada bomba; para nuestro caso la tubería de presión de lavado será de 1" y la de retorno de 1"1/4. Dado que el sistema CIP también debe ser limpiado su estructura de tuberías ha de ser montada con accesorios TRI CLAMP o FERRULES.



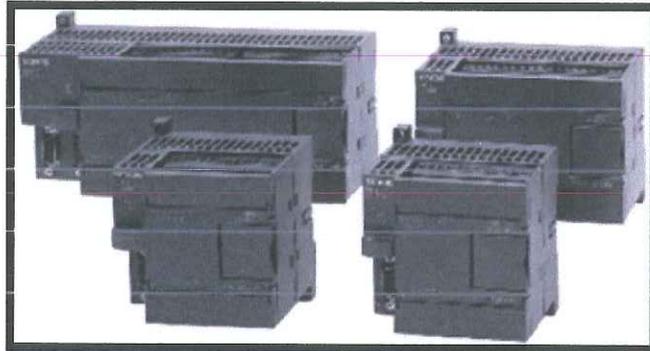
*Figura 3. Tubo de Acero inoxidable.*

- **Electroválvulas – Válvulas y Actuadores Neumáticos.** - Estos elementos son los que permiten el direccionamiento de los líquidos de limpieza, así como los líquidos residuales producto de la misma. Por medio de ellos y mediante el sistema de control automatizado se cumplirán los diferentes ciclos de la limpieza definidos para el CIP.



*Figura 4. Actuadores, Electroválvulas.*

- **PLC.-** (Programmable Logic Controller) o Controlador Lógico Programable es un autómata capaz de recibir señales de entrada, transformarlas en instrucciones y en función de un programa diseñado realiza el control de los elementos de campo para cumplir las funciones definidas en los ciclos CIP de limpieza.



*Figura 5. PLC (Programmable Logic Controller)*

- **Sensores de nivel para Líquidos.-** Para la aplicación se usarán sensores LIQUIPANTH y serán los encargados de determinar los niveles bajo y alto de las soluciones de limpieza en los tanques del sistema CIP a fin de garantizar la eficacia de la limpieza.



*Figura 6. Sensores de Niveles de agua.*

- **Intercambiador de Calor.** - Para la implementación del CIP en este proceso vamos a utilizar agua caliente, para ello usaremos un intercambiador de calor tipo serpentín que estará montado en el interior del tanque de agua, a través de él va a circular vapor proveniente de la línea principal de la caldera y se controlará la temperatura del agua por medio de

una sonda PT100 y un pirómetro. El vapor utilizado es vapor sobrecalentado, proviene de una caldera híbrida de capacidad de 20 000 lbs/h, “este vapor de agua se encuentra a una temperatura más elevada que el del punto de ebullición, esto se logra circulando el vapor saturado (a temperatura de ebullición) por los gases de combustión de la caldera, aumentando así su temperatura.” (Stalin Ribadeneira, 2014)



*Figura 7. Intercambiador de calor.*

#### **Ventaja de un sistema CIP.**

- Reduce la cantidad de tiempo y trabajo invertido en operación de saneamiento.
- Reduce el impacto de las operaciones de saneamiento en el consumo de agua, la utilización de energía y el proceso de aguas residuales.
- Reduce el desgaste general en equipos de proceso debido a la disminución de limpieza natural.
- Evita la manipulación de productos peligrosos.

#### **Consideraciones para el montaje de un sistema CIP.**

- Disponer de un área para la instalación del equipo.
- Disponer acometidas eléctricas.
- Disponer de una red de agua potable.
- Disponer de compresor de aire comprimido.

- Disponer de una red de vapor.

### **Empresas que se dedican a las fabricaciones de sistemas CIP.**

Las empresas que son especializadas en la fabricación, instalación y puesta de operación del CIP a nivel mundial son TETRAPACK y SEPPELEC. Ellos cuentan con una amplia gama de sistemas de automatización de características únicas, que son:

Gestión de Conductividad, Seguimiento de líquidos, Control de programas de limpieza, Gestión de tareas y Sistemas de dosificación flexible. (Adrina Muñoz, 2012)

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA

La metodología que hemos utilizado para el diseño de un sistema automatizado de limpieza con un sistema CIP son: Recopilación de datos, evaluación del proceso, Diseño del sistema CIP, identificación de los elementos y definición de los ciclos de lavado:

- **Recopilar datos:** Se realizó un levantamiento de toda la información posible sobre que es el CIP, como es su funcionamiento, que elementos están involucrados en el sistema, implementación en la industria, etc.
- **Evaluar el Proceso:** hicimos una evaluación en el proceso para ver si era factible la introducción del sistema CIP en este, si era conveniente o no y que beneficios nos otorgaba.
- **Diseñar el sistema CIP:** Se elaboró los planos del sistema CIP ya conectados al proceso con el que se va a trabajar.
- **Identificar los elementos:** En esta etapa identificamos todos los elementos que vamos a utilizar para el diseño del sistema CIP (Válvulas, Tanques de acero inoxidable, tuberías, PLC, etc).
- **Definir los ciclos:** Definimos los procesos del programa de lavado, en este caso es un programa corto.

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DEL TEMA

Para el manejo de los saborizantes líquidos se encuentra implementado el sistema de recepción – almacenamiento – transferencia el cual es un conjunto de elementos neumáticos, tuberías, bombas neumáticas de diafragmas, válvulas de direccionamiento y sistemas eléctricos con automatismos incluidos.

Para la recepción del saborizante líquido se dispone de dos tanques con capacidad de 10 m<sup>3</sup> cada uno designado a los dos tipos de materias primas a utilizarse en las diferentes presentaciones de los alimentos de mascotas, se utiliza un PLC y una pantalla Táctil como HMI para la operación de los sistemas.

Veamos un layout actual del área de trabajo.

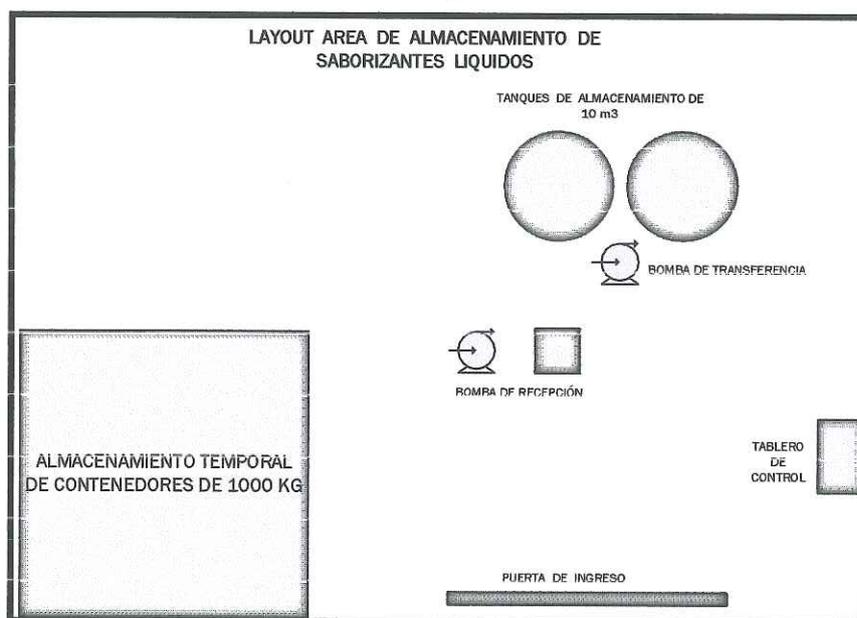


Figura 8. Layout área de almacenamiento de proceso.

El saborizante importado llega en contenedores de 1000 kg y se lo almacena temporalmente bajo sombra en el área donde se encuentran los tanques de transferencia hacia la planta, en este punto el operador es el encargado de rellenar los tanques de almacenamiento en función del consumo de saborizante en planta de proceso siguiendo el siguiente flujo de trabajo.

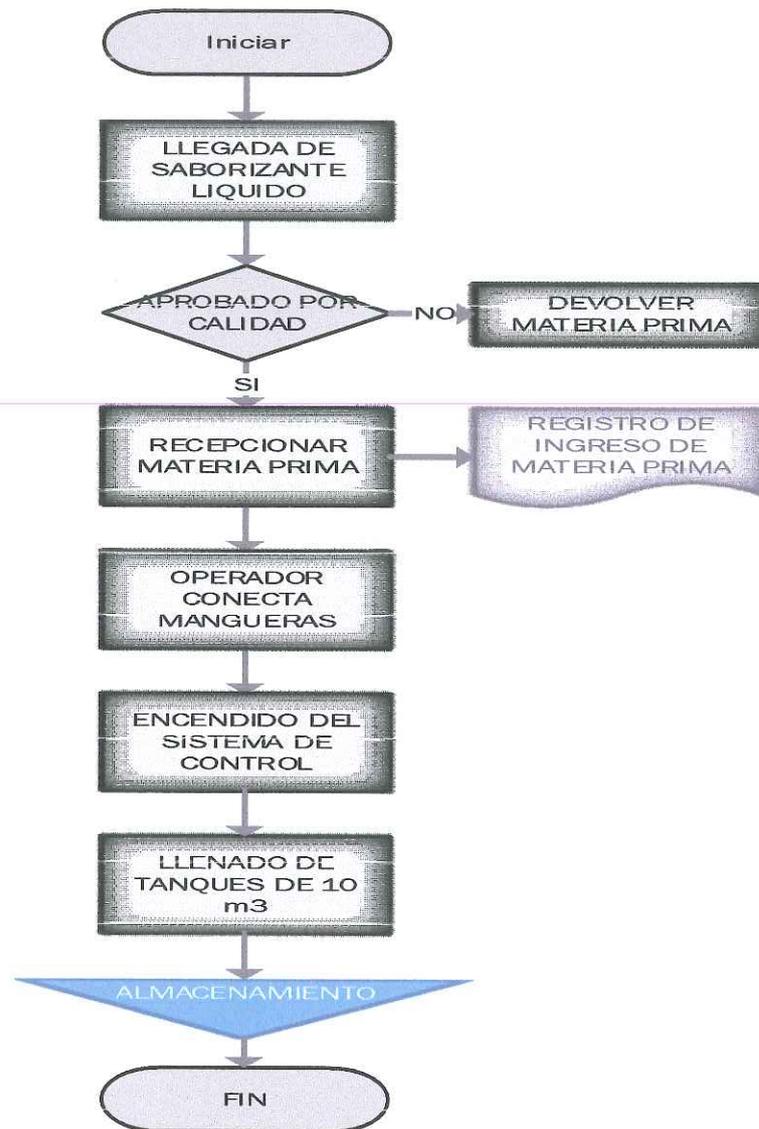


Figura 9. Mapeo del proceso actual.

El almacenamiento temporal del producto es dinámico ya que en función de la producción el saborizante es transferido hacia la planta de proceso para el recubrimiento de las croquetas mediante los sistemas PID de control de dosificación.

Se encuentra definido por cumplimiento de BPM que la limpieza de los tanques de almacenamiento se realice cada 15 días.

Una vez que se encuentra vacío el tanque la limpieza se ejecuta de manera manual mediante la ayuda de una hidrolavadora y con una persona que desde la escotilla superior del tanque trata de llegar a todos los sitios internos del depósito, esta operación no es eficiente ya que el tiempo empleado es elevado

(aproximadamente 2,5 horas), no garantiza la limpieza total y tampoco se realiza desinfección de las superficies internas del tanque.

Desde el punto de seguridad del operador que realiza la limpieza se tiene también alto nivel de riesgo de accidentabilidad ya que por la incomodidad de trabajar parado sobre una escalera sus pies pueden resbalar o sufrir calambres debido a estar por mucho tiempo en una misma posición.

Luego de la limpieza de debe retirar los residuos utilizando tanques de 55 galones los cuales se los transporta hacia el área de no conformes para su posterior desecho a través de un gestor ambiental.

### Implementación del CIP.

En busca de la mejora continua de la operación descrita anteriormente vamos a automatizar el proceso de limpieza de los tanques de saborizantes mediante el diseño y propuesta de un sistema de Limpieza en Sitio CIP. Para ello se propone el siguiente layout para la ubicación de los equipos CIP en función del área física disponible.

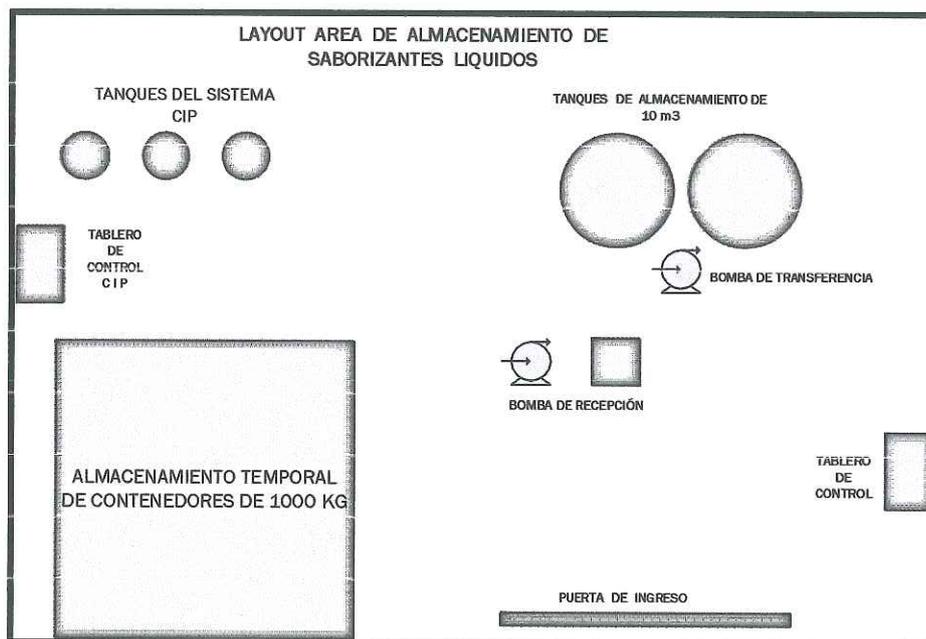


Figura 10. Layout área de almacenamiento del proceso con CIP.



Definido el espacio físico para la instalación del sistema CIP el proceso de limpieza seguirá el presente diagrama de flujo.

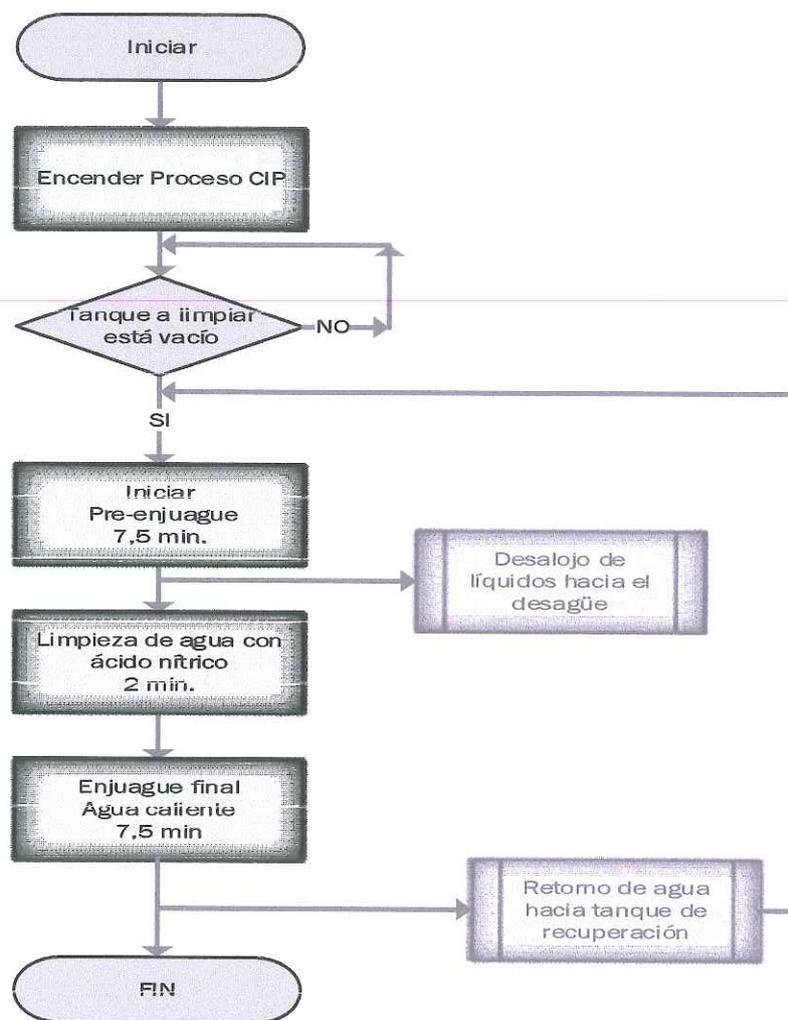


Figura 12. Mapeo del ciclo de lavado.

### Funcionamiento del sistema CIP:

En el funcionamiento del CIP están integradas por 3 fases que la vamos a detallar a continuación.

- **Pre-Enjuague.**

Inicia con el rociado de agua recuperada del último enjuague del ciclo de limpieza anterior una presión de 220 psi y que está almacenada en el tanque N°1, el tiempo estimado es de 7,5 minutos y esta solución tiene un poder químico limpiador de mayor eficiencia que el agua sola debido a que contiene una cierta cantidad de ácido nítrico.

El objetivo de esta etapa es el retiro de la suciedad gruesa que se encuentra en las paredes internas del tanque y el destino final de esta solución es el desecho a fondo perdido.

- **Limpieza con Ácido Nítrico.**

En esta fase se mezcla en el tanque N°2 agua y ácido nítrico con una concentración del 4%. Esta solución nítrica se encarga de disolver los residuales de suciedad para lograr la limpieza garantizada del interior del tanque, el tiempo de esta etapa es de 2 minutos.

La adición de la solución agua-ácido nítrico está controlada en función del tiempo establecido en el procedimiento de limpieza el cual debe garantizar la acción de desinfección de las superficies internas del depósito.

Por la seguridad, el ácido nítrico no es manipulado por el personal ya que se dispone de una bomba para la dosificación de ácido nítrico. Esta bomba recibirá una señal del flujómetro másico para que se prenda cuando la concentración de la solución de ácido se encuentre un nivel inferior al programado.

- **Enjuague.**

Esta fase utiliza agua caliente que se prepara en el tanque N°3 y que su temperatura se encuentra en el rango de 70 °C y 80 °C, para lograr que el agua adquiera esta temperatura vamos a colocar un intercambiador de calor tipo serpentín en el interior del tanque que permite circular vapor.

El objetivo de este enjuague es eliminar residuales del ácido nítrico y por la temperatura del agua se logra también la desinfección de las superficies internas, el destino de esta agua es el tanque de agua recuperada, con lo cual queda lista para un próximo ciclo.

De esta manera se termina el ciclo de limpieza CIP en un tiempo total de 17 minutos garantizando limpieza y asepsia de las superficies internas del tanque.

### Asignación de variables del Sistema CIP.

Para el diseño de éste sistema vamos a considerar la siguiente tabla de asignación de variables:

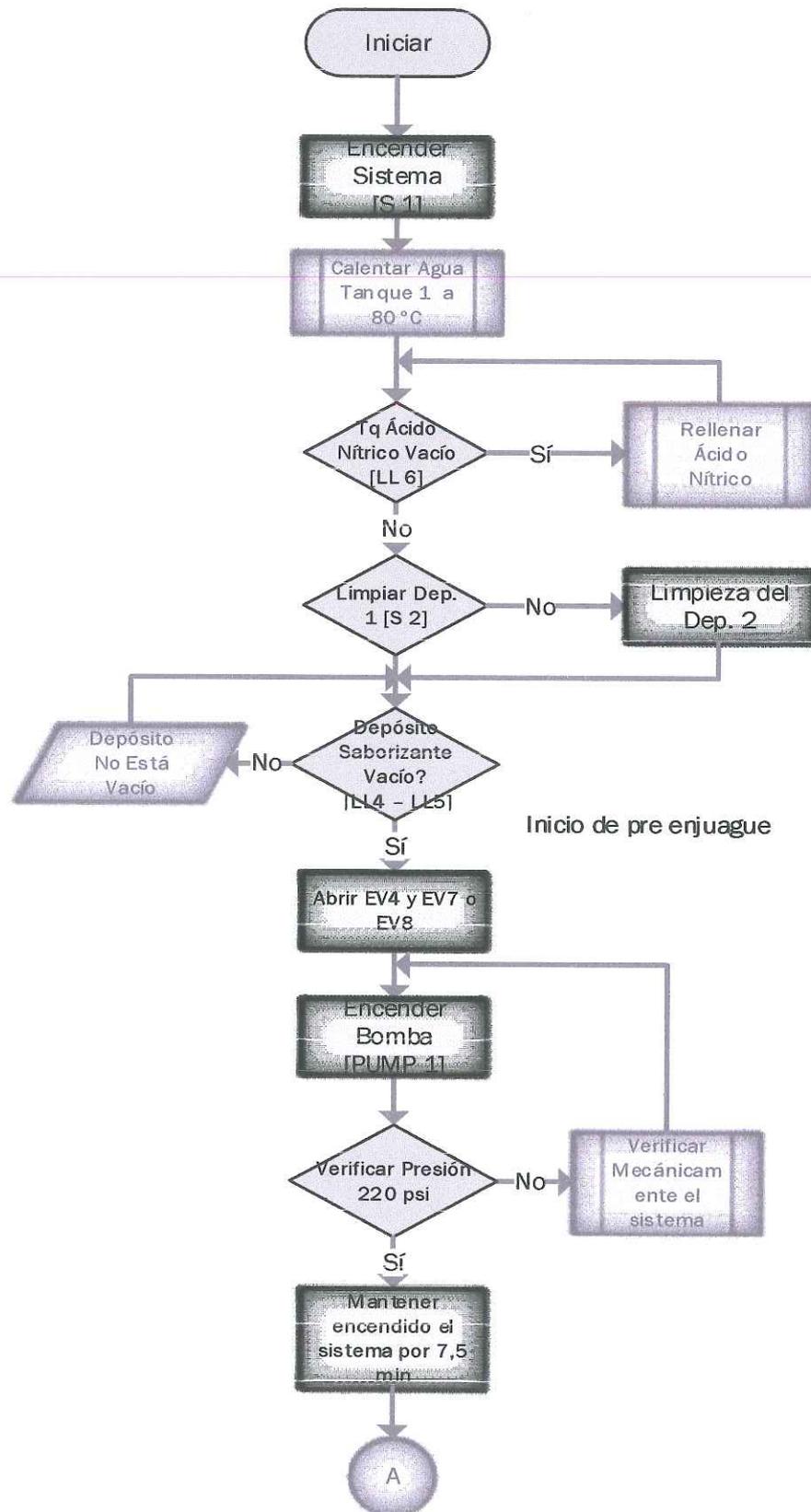
Tabla 1. Asignación de variables del sistema CIP.

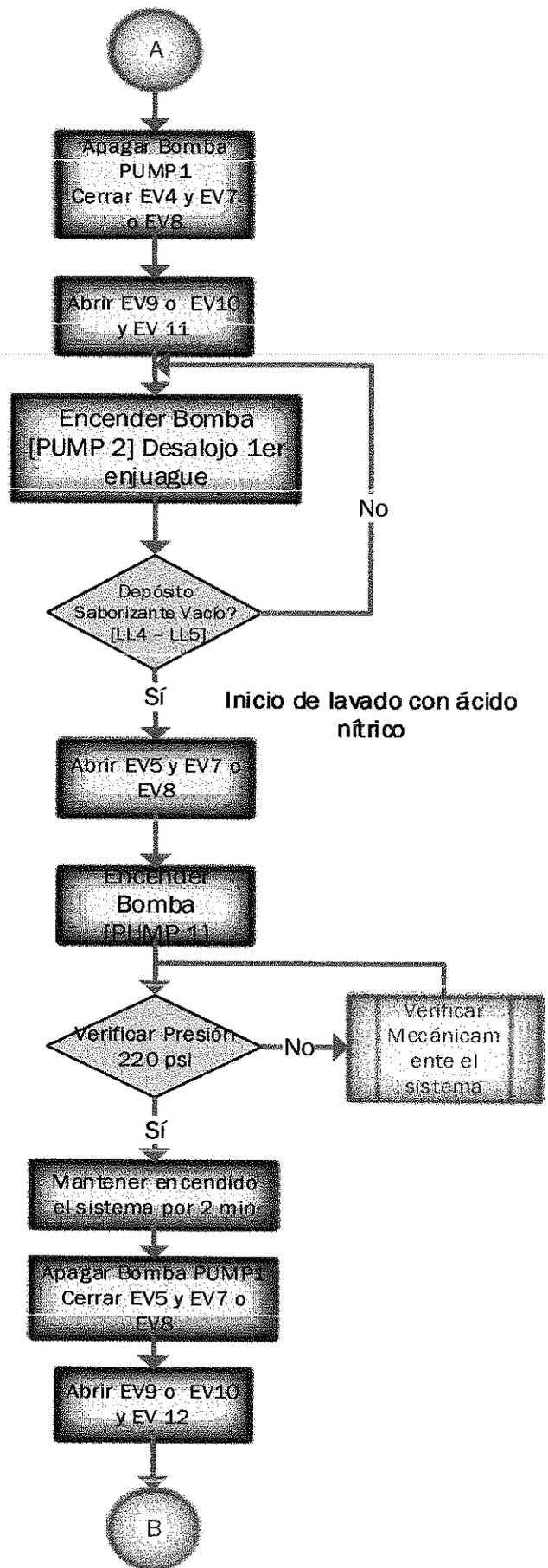
Ítem	Nombre	Tipo de Variable	Elemento	Función
1	EV 1	Booleana	Electroválvula	Ingreso de agua tanque 1
2	EV 2	Booleana	Electroválvula	Ingreso de agua tanque 2
3	EV 3	Booleana	Electroválvula	Ingreso de agua tanque 3
4	EV 4	Booleana	Electroválvula	Salida de agua Caliente
5	EV 5	Booleana	Electroválvula	Salida de ácido nítrico
6	EV 6	Booleana	Electroválvula	Salida agua de red de enjuague
7	EV 7	Booleana	Electroválvula	Ingreso Sol. Dep. Saborizante 1
8	EV 8	Booleana	Electroválvula	Ingreso Sol. Dep. Saborizante 2
9	EV 9	Booleana	Electroválvula	Salida Sol. Dep. Saborizante 1
10	EV 10	Booleana	Electroválvula	Salida Sol. Dep. Saborizante 2
11	EV 11	Booleana	Electroválvula	Salida Sol. Hacia el drenaje
12	EV 12	Booleana	Electroválvula	Retorno de Sol. Hacia Tanques
13	EV 13	Booleana	Electroválvula	Retorno de Sol. Ácido Nítrico
14	EV 14	Booleana	Electroválvula	Retorno de agua al Tanque 3
15	EV 15	Booleana	Electroválvula	Ingreso de Ácido Nítrico Tanque 2
16	EV 16	Booleana	Electroválvula	Ingreso de Vapor Serpentin Tq 1
17	LL 1	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo Tanque 1
18	LL 2	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo Solución Ácido Nítrico
19	LL 3	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo Tanque de Agua 3
20	LL 4	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo Dep. Saborizante 1
21	LL 5	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo Dep. Saborizante 2
22	LL 6	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Bajo de Ácido Nítrico
23	HL 1	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Alto Tanque 1
24	HL 2	Booleana	Sensor Líq.	Nivel Alto Solución Ácido Nítrico

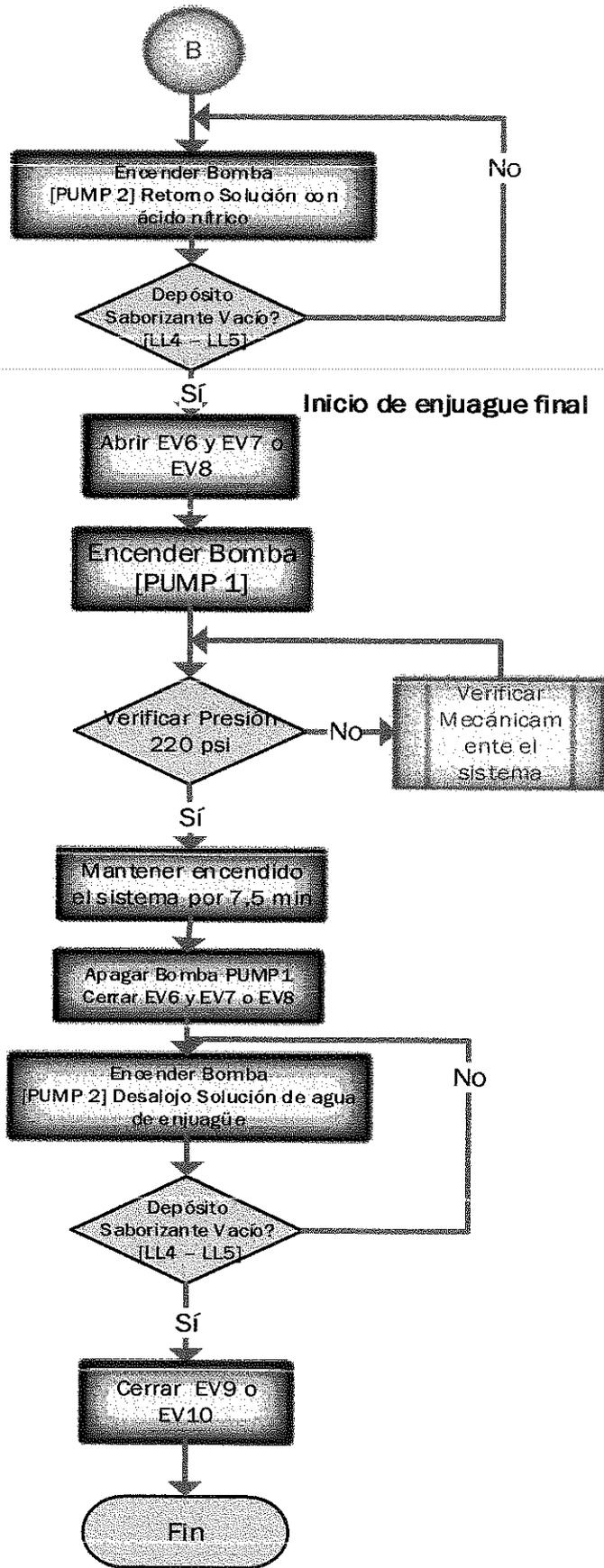
25	HL 3	Booleana	Sensor LÍq.	Nivel Alto Tanque de Agua 3
26	PUMP 1	Booleana	Bomba 1	Bomba de Presión para Limpieza
27	PUMP 2	Booleana	Bomba 2	Bomba de retorno
28	PUMP 3	Booleana	Bomba 3	Bomba Dosificación Ácido Nítrico
29	F 1	Analógica	Flujómetro	Medidor Ingreso de Ácido Nítrico
30	P1	Analógica	Presóstato	Medidor de Presión Solución Limpieza
31	S 2	Booleana	Selector	Selector de Depósito a Limpiar
32	B1	Booleana	Pulsador	Pulsador de Arranque
33	B 2	Booleana	Pulsador	Pulsador de Parada
34	HMI 1	Float	HMI	Pantalla de Operación
35	S 3	Booleana	Selector	Encendido General del Sistema
36	T1	Analógico	Sensor	Termómetro para Agua

## Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Sistema CIP.

Figura 13. Flujograma del funcionamiento del Sistema CIP.







## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES

La creciente exigencia por parte de los clientes al momento de adquirir productos alimenticios obliga a las empresas a garantizar la calidad e inocuidad de los mismos, por ello, el diseño de herramientas, procesos, instructivos y procedimientos es muy importante para cumplir con lo solicitado.

Las empresas farmacéuticas y alimenticias desarrollan reingenierías de sus procesos e implementan sistemas que les permiten incrementar su eficiencia mediante la reducción de tiempos en la limpieza de sus líneas de producción sobre todo cuando manejan producciones por lotes o baches. Esta optimización de recursos ayuda a afianzar la permanencia en el mercado ya que al ser competitivos se puede producir a un menor costo y ofrecer al cliente productos de calidad a buen precio.

En el presente desarrollo del diseño de un sistema CIP de limpieza de tanques de saborizantes vemos una importante reducción de tiempo en la limpieza con respecto al proceso manual que actualmente se hace ya que se optimiza 2,25 horas, tiempo en el cual la producción puede seguir incrementando su productividad.

El disponer de un sistema automático para la limpieza garantiza una correcta limpieza del tanque con la optimización de recursos tales como el agua, ácido nítrico y sobre todo tiempo, que al final siempre será traducido a un sistema contable que determina los estados de ganancias.

El implementar un sistema de limpieza automatizado CIP significa disponer de un método eficaz que técnicamente obtiene autonomía en el proceso logrando de esta manera eliminar errores en la limpieza y riesgos en los operadores que ahora realizan la limpieza de forma manual.

En función del producto que se requiera limpiar de los tanques de almacenamiento se puede utilizar las dos variantes de limpieza, es decir, el ciclo corto y ciclo largo definidos para un CIP, en este caso para un ciclo largo de usa soda cáustica en primer lugar y luego el ácido nítrico logrando con ello el cumplimiento de normativas de controles locales o internacionales.

El presente estudio nos ha permitido definir las pautas necesarias, los elementos y secuencias para diseñar un CIP que sea funcional y que sea gravitante a la hora de usarlo.

Básicamente el diseño del sistema CIP en este proceso nos ayudara directamente a aumentar la inocuidad alimenticia del producto final, así vamos a tener como resultado un producto terminado de excelente calidad, ya que hoy en día la calidad en cada uno de los productos es el prestigio que tiene la empresa y de esta manera mantenemos la calidad como parte fundamental en los procesos y nos enfocamos en aumentar la productividad al 100% de tal modo que no existan afectaciones en la producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Trabajos Citados:

- Adrina Muñoz, J. T. (2012). "Diseño e implementación de sistema CIP para industria productora de leche". *Universidad San Toma*.
- Beltran, C. (2008). "Evaluación del Sistema de Limpieza y Desinfección de la Empresa Productos de Antaño S.A.". Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Berg, T. H. (2017). "Incline UV-Vis spectroscopy to monitor and optimize cleaning in place CIP of wey filtration plants". Copenhagen, Denmark: Elsevier.
- Dhage, B. (2016). "Automation of cip process in dairy industries using programmable controllers and scada". Pune, India: International Institute of Information Technology .
- Gottwald, M. S. (2012). "Local analysis of clean mechanisms in CIP processes. Dresden, Germany: Elsevier.
- Harutiunian, I. M. (2009). "Sistema de limpieza CIP (Clean In Place)".
- Ili Jara, C. A. (2010). "Diseño de sistema de lavado de estanques automatizado CIP (Cleaning in Place)". Valdivia: Universidad Austral de Chile- Facultad de Ciencias de la Ingeniería.
- Indisa. (2006). "Sistema de Limpieza en sitio Cleaning in Place CIP". Medellín: Indisa.
- Jakubowski, J. P. (2017). "Application of nephelometry to automatic control of cleaning time during cleaning process in clean in place system". Koszalin, Poland: International Journal of Food Engineering.
- Litecka, J. (2016). "The design of innovative CIP machine for heat exchangers". Smokovec, Slovakia: Elsevier.
- Magdalena, M. (2013). "Optimización de los métodos de Limpieza CIP en tanques de jarabe simple y terminado en la Cervecería Boliviana". La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Pettigrew, L. (2014). Optimisation of water usage in a brewery clean in place system using reference nets. *Elsevier*.
- Rivera, C. A. (2016). "Diseño de un sistema en el sitio de tipo sanitario (CIP) para una línea de llenado en un salón de embotellado en la industria de cerveza.". *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Ryther, R. (2014). Tecnología limpieza y desinfección (Clean In Place). *Elsevier*.
- Saez, D. (Viernes de Octubre de 2017). *SagaFluid, Process Technology*. Obtenido de <http://www.sagafluid.es/noticias/instalaciones-y-equipos-2/instalaciones-sistemas-limpieza-cip/>

- Simeone, A. (2017). "Eco-intelligent monitoring for fouling detection in clean-in-place". *ELSEVIER*, 6.
- Stalin Ribadeneira, B. O. (2014). "Diseño y construcción de un sistema clean in please en base a la norma NTC5245 para seis estaciones de ordeño en la hacienda )La Alborada)". *Escuela Politecnica del Ejercito ESPE*.
- Stenga, M. (2010). "*Sanitation: Cleaning and Disinfection in the food Insdustry*". Weinheim.
- Stepuk, P. (2014). "*Electrical energy aspects and cleanliness in the cleaninig process in CIP system a plate heat exchanger*". Tech Process Food Process.
- Thomas, A. (2014). "Cleaning in place (CIP) system in dairy plant review". *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 4.