



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CIP EN LA LÍNEA DE PANQUELERÍA DE LA PLANTA DE BIMBO ITAGÜÍ

Laura Vásquez Sossa

INGENIERÍA QUÍMICA

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria

Orientador

Aída Luz Villa Holguín, Doctor (PhD)

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Química

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Vásquez Sossa, 2024)
Referencia	Vásquez Sossa, L (2024). <i>Implementación del sistema CIP en la línea de panquelería en la planta Bimbo Itagüí</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CIP EN LA LÍNEA DE PANQUELERÍA DE LA PLANTA DE BIMBO ITAGÜÍ



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Antioquia y a Bimbo de Colombia S.A por ser parte de mi formación académica como profesional.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Objetivos	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. Marco teórico	13
4. Metodología	20
5. Análisis de resultados.....	22
6. Conclusiones y recomendaciones.....	40
Referencias	41
Anexos.....	42

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Porcentaje de ponderación para cada criterio de selección de productos químicos</i>	23
Tabla 2. <i>Criterios de selección para productos químicos</i>	23
Tabla 3. <i>Resultados de selección del proveedor de químico alcalino (hidróxido de sodio)</i>	24
Tabla 4. <i>Resultados de selección del proveedor de químico ácido (ácido nítrico)</i>	25
Tabla 5. <i>Resultados de selección del proveedor de químico desinfectante (ácido peracético)</i>	25
Tabla 6. <i>Criterios para definir la probabilidad y severidad para la matriz de riesgo por contaminación</i>	26
Tabla 7. <i>Resultados de la matriz de riesgo para los cinco tanques del sistema CIP</i>	27
Tabla 8. <i>Resultados de pruebas de nivel de llenado de los tanques</i>	28

Lista de figuras

Figura 1. <i>Etapas del proceso de producción de la línea de panquelería</i>	10
Figura 2. <i>Ventajas del sistema CIP</i>	13
Figura 3. <i>Desventajas del sistema CIP</i>	14
Figura 4. <i>Ejemplo de un sistema CIP de un solo uso</i>	14
Figura 5. <i>Ejemplo de un sistema CIP de reutilización</i>	15
Figura 6. <i>Circulo de Sinner</i>	16
Figura 7. Requisitos BRC para sistemas CIP	18
Figura 8. Otros requisitos BRC para sistemas CIP	19
Figura 9. Diagrama de bloques del sistema CIP de la línea de panquelería	20
Figura 10. Matriz de riesgo por contaminación.	26
Figura 11. Condiciones de operación del sistema CIP	32
Figura 12. Condiciones óptimas de operación del sistema CIP	32
Figura 13. Verificación de concentración con método indirecto de medición de pH	33
Figura 14. Verificación de pH en el enjuague final del lavado	34
Figura 15. Limpieza e inspección de filtros	35
Figura 16. Tanque 1 luego de producción	36
Figura 17. Tanque 1 al finalizar el proceso de limpieza del sistema CIP	37
Figura 18. Tanque 2 luego de producción	37
Figura 19. Tanque 2 al finalizar el proceso de limpieza del sistema CIP	38
Figura 20. Verificación de limpieza de tuberías con cámara	38
Figura 21. Prueba negativa de alérgenos para tres puntos diferentes del sistema CIP	39
Figura A1. Procedimiento de limpieza con el sistema CIP implementado.	41

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CIP	Cleaning in place
BRC	British Retail Consortium
COP	Cleaning out place
PCC	Puntos críticos de control

Resumen

Un sistema CIP es un sistema de limpieza *in situ* que permite procesos eficientes de limpieza y desinfección de equipos, accesorios y tuberías. Para su implementación es necesario optimizar los parámetros de limpieza dados en el Circulo de Sinner: tiempo, temperatura, acción mecánica y concentración de productos químicos; y simultáneamente garantizar el cumplimiento de la seguridad alimentaria de los productos. El proyecto abarcó la implementación de un sistema CIP para una nueva línea de producción en la planta de Bimbo en Itagüí, con el fin de estandarizar las condiciones más adecuadas del sistema CIP. Se determinaron las condiciones óptimas de operación, incluyendo temperatura, tiempo y las concentraciones adecuadas de los productos químicos seleccionados, así como sus límites permisibles. Además, se recopiló la información necesaria del sistema para garantizar el cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma BRC (British Retail Consortium).

Palabras clave: CIP, implementación, estandarizar, parámetros.

Abstract

A CIP system is an *in situ* clean-in-place system that allows efficient cleaning and disinfection processes for equipment, accessories and pipes. For its implementation, it is necessary to optimize the cleaning parameters given in the Sinner Circle: time, temperature, mechanical action and concentration of chemicals; and simultaneously ensure compliance with the food safety of the products. The project included the implementation of a CIP system for a new production line at the Bimbo plant in Itagüí, in order to standardize the most suitable conditions of the CIP system. The optimal operating conditions were determined, including temperature, time and the appropriate concentrations of the selected chemicals, as well as their permissible limits. In addition, the necessary information was collected from the system to ensure compliance with the requirements established by the BRC (British Retail Consortium) standard.

Keywords: CIP, implementation, standardization, parameters.

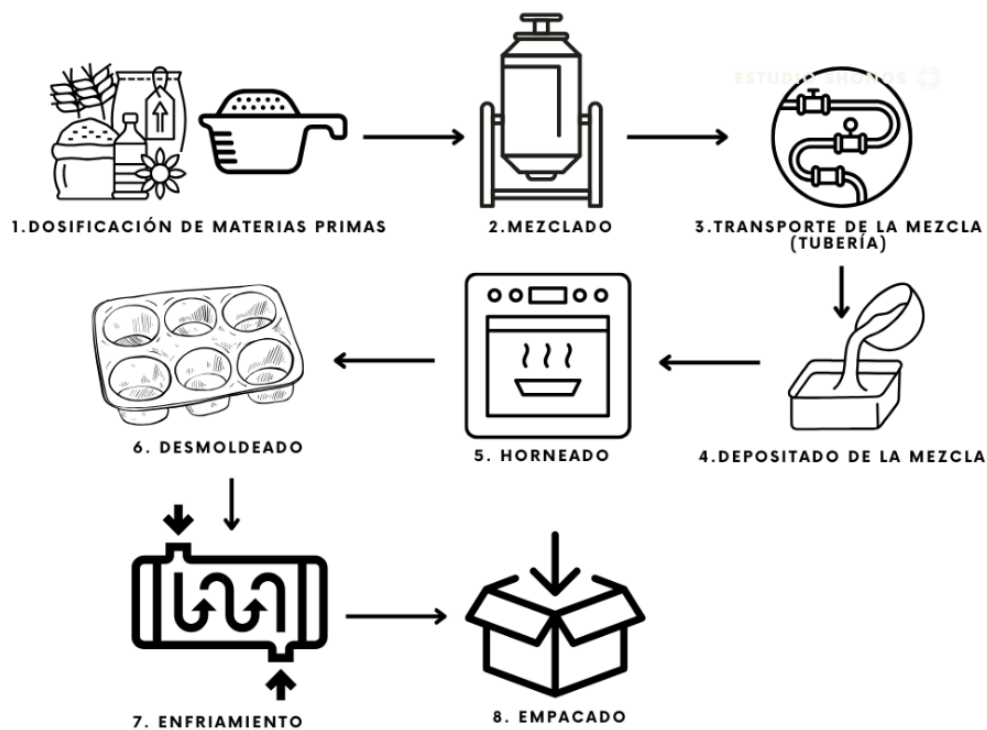
1. Introducción

El grupo Bimbo es una empresa mexicana líder global en panificación, la cual produce más de nueve mil productos a nivel mundial a través de sus más de cien marcas y cuenta con presencia en 35 países de América, Europa, Asia y África. Para el caso específico de Colombia cuenta con seis plantas de producción ubicadas a lo largo del territorio nacional en Tenjo (3), Soledad (1), Yumbo (1) e Itagüí (1). En esta última, es donde se llevó a cabo el proyecto de prácticas, en el cual se realizó la implementación y verificación del funcionamiento de un sistema CIP (Cleaning in Place).

El proyecto se ejecutó en la línea de producción de panquelería, la cual genera como producto final diferentes referencias de ponqués. Las etapas de producción de la línea se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Etapas del proceso de producción de la línea de panquelería.



Nota: Elaboración propia.

De estas etapas, el sistema CIP (Cleaning In Place) abarca desde la primera hasta la cuarta etapa, con el fin de dar cumplimiento a medidas de limpieza y sanitización eficientes para garantizar que el producto final sea de alta calidad. Este sistema es necesario ya que en esta línea en específico se tienen dificultades para una limpieza COP (Cleaning Out Place), ya que implica el desmontaje de la tubería, lo cual requiere una cantidad de personal y número de horas trabajadas, mayores a las del sistema CIP, el cual asegura la inocuidad de los productos y eficiencia operativa. La implementación del CIP se realiza optimizando y estandarizando tres parámetros del círculo de Sinner: tiempo, temperatura y concentración de productos químicos. Además, como parte del proyecto se monitorea y evalúa continuamente el desempeño del sistema para garantizar su funcionamiento óptimo y el cumplimiento con las normas de seguridad alimentaria, principalmente la normativa BRC (British Retail Consortium).

Este proyecto aporta a la formación académica de los ingenieros químicos que trabajen en la industria alimentaria para comprender el concepto y las ventajas del sistema CIP, ya que permite limpiar los equipos sin desmontarlos, lo que mejora la eficiencia operativa y el manejo de los recursos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Implementar el sistema CIP optimizado en la línea de panquelería.

2.2 Objetivos específicos

- Estandarizar parámetros del sistema CIP disminuyendo los tiempos de inactividad, consumos de agua, energía y productos químicos
- Dar cumplimiento con la normativa BRC con el sistema CIP

3. Marco teórico

La limpieza de superficies en plantas de fabricación de alimentos tiene una variedad de métodos, incluidos los de limpieza *in situ* (CIP), limpieza fuera de lugar (COP) y saneamiento ambiental. Esta limpieza y desinfección es esencial para eliminar los patógenos transmitidos por los alimentos y los residuos alérgicos de las superficies (Snyder, 2024).

El CIP (Cleaning in Place) es un método de limpieza de las superficies interiores de tuberías, recipientes, equipos de proceso, filtros y accesorios asociados sin necesidad de un desmontaje (BRCGS, 2022). El sistema de lavado CIP es un sistema que consiste en la circulación y/o recirculación de productos químicos de limpieza y agua, por medios mecánicos a través de los componentes de la línea de proceso (tanques, tuberías, bombas) que siguen una secuencia definida de productos químicos, con unos parámetros de temperatura, velocidad del fluido y tiempos establecidos (Gallego Giraldo, 2020). La secuencia que sigue depende del número de pasos que se requieran, los posibles pasos son: enjuague previo o purga, lavado cáustico, enjuague cáustico, lavado ácido, enjuague ácido, desinfección y enjuague final (ILI JARA, 2010). Las ventajas y desventajas de utilizar los sistemas CIP en una industria se muestran las Figuras 1 y 2.

Figura 2.

Ventajas del sistema CIP

Ventajas	Descripción
Adecuado para limpiar una amplia selección de equipos de proceso	Tanques, tuberías, bombas, cambiadores de calor, depósitos...etc.
Esfuerzo manual mínimo	Posee un alto grado de automatización
Mejora de la higiene	La inacción humana, las altas temperaturas y los fuertes detergentes reducen la posibilidad de re-contaminación
Trazabilidad de las operaciones de limpieza	Puede automáticamente manipular los parámetros de temperatura, flujo...etc.
Reducción del tiempo muerto	Permite que la limpieza sea más rápida que de forma manual
Menor impacto ambiental	La cantidad de vertido contaminante será menor
Menor coste económico	Se ahorra en agua, detergente, desinfectante, energía y tratamiento de residuos

Nota: Tomada de Viruega Sevilla (2018)

Figura 3

Desventajas del sistema CIP

Inconvenientes	Descripción
Alta inversión económica inicial	Los sistemas CIP se diseñan a medida. Además, el hardware y el software suponen un aumento del capital
No es adecuado para eliminar suciedades pesadas	Carece de eficacia en la industria cárnica y de vísceras de aves
Inflexibilidad	Los sistemas CIP estacionarios no permiten abarcar más que procesos adyacentes
Mantenimiento	El equipamiento sofisticado requiere de un mantenimiento a mayores

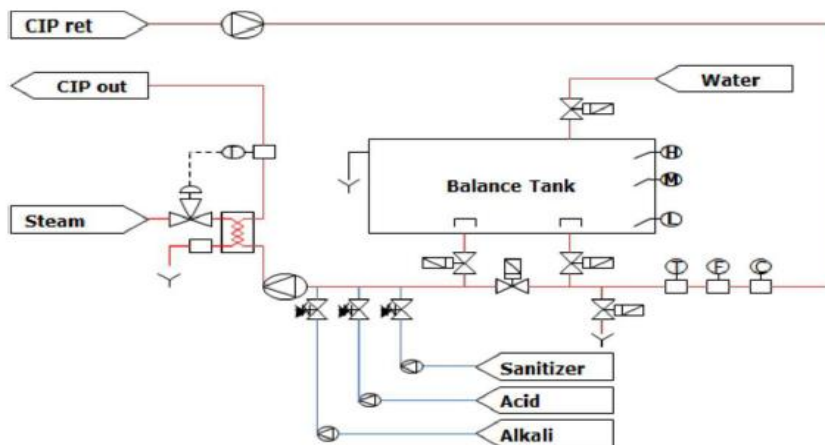
Nota: Tomada de Viruega Sevilla (2018)

Los diseños de sistemas CIP más comunes son (Carrasco A, 2018):

- Sistemas de un solo uso: la solución de limpieza está recién preparada y sólo se utiliza una vez. Es ideal en procesos con alergenos o posibilidad de contaminación cruzada. Requiere menor inversión de capital, pero implica alto coste de funcionamiento (químicos, agua, energía) respecto a un sistema de reutilización.

Figura 4

Ejemplo de un sistema CIP de un solo uso

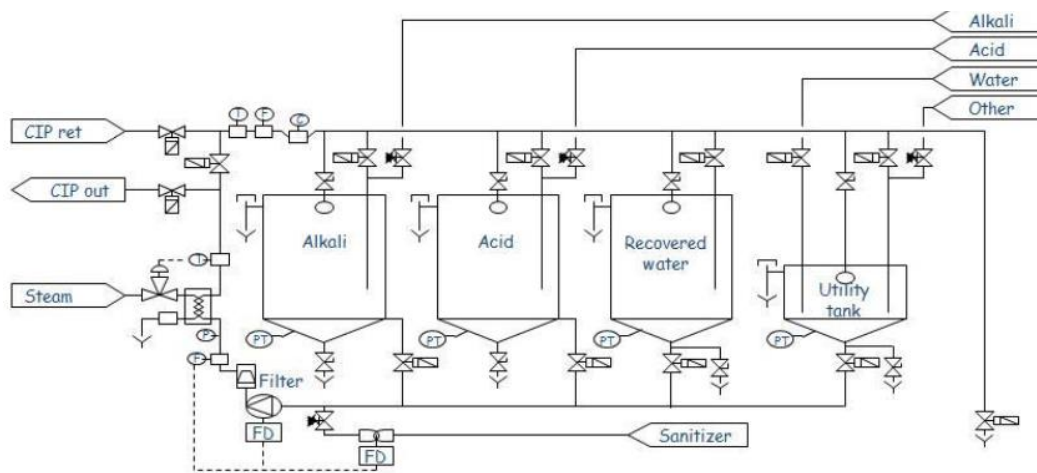


Nota: Tomada de Carrasco A (2018)

- Sistemas de reutilización: es un diseño CIP flexible. La configuración puede ser equipada con incluso más de 3 tanques para toda la solución de cada ciclo CIP se recupera y reutiliza. Tienen un coste operacional menor en comparación con el sistema de un solo uso y sus implicaciones ambientales se reducen

Figura 5

Ejemplo de un sistema CIP de reutilización



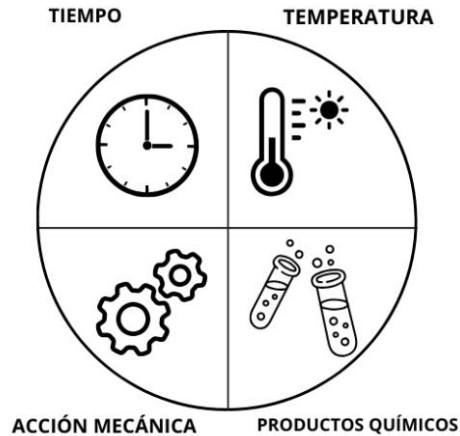
Nota: Tomada de Carrasco A (2018)

Otra posible clasificación de los tipos de sistemas CIP es respecto a la dependencia que se tiene del operario para realizar la limpieza, por lo que los sistemas pueden ser semiautomáticos o automáticos, donde un sistema semiautomático requiere mayor intervención de la parte operativa.

Los sistemas de limpieza *in situ* son esenciales para la industria de alimentos porque permite mantener la calidad y seguridad de los alimentos reduciendo el riesgo de contaminación y cumpliendo con las normas sanitarias (Viruega Sevilla, 2018). Para cualquier limpieza adecuada, incluyendo los sistemas CIP, los parámetros que se deben tener en cuenta están dados por el círculo de Sinner (Gallego Giraldo, 2020) presentado en la Figura 5. Al optimizar estos parámetros se logra que el sistema CIP cumpla con su objetivo de manera eficaz y eficiente.

Figura 6

Círculo de Sinner.



Nota: Elaboración propia.

Donde cada parámetro se refiere a (Jin et al., 2024):

- Tiempo: Se refiere al período durante el cual el producto de limpieza actúa sobre la superficie, describe tanto el tiempo de acción como el tiempo de procesamiento.
- Temperatura: La temperatura del agua o del producto de limpieza puede influir en la efectividad del proceso, ya que algunos tipos de suciedad se disuelven mejor o más rápido a altas temperaturas.
- Acción mecánica: Esta implica la acción física utilizada para eliminar la suciedad a través del flujo de la solución química o el agua a la superficie sucia. Los elementos mecánicos relacionados se refieren a condiciones de presión y de flujo volumétrico.
- Productos químicos: Engloba los productos de limpieza utilizados y su efectividad para eliminar diferentes tipos de suciedad.

Otro de los factores para tener en cuenta en la limpieza es el agua, ya que comprende la mayor parte de las soluciones químicas y es clave en el enjuague del lavado. El agua debe ser

potable, o estar exenta de patógenos (organismos que provocan enfermedades) y otras sustancias tóxicas. El agua empleada en cualquier establecimiento de elaboración de alimentos debe haber sido correctamente tratada por una planta de tratamiento de agua y se debe monitorear de manera constante para evitar la existencia de sustancias químicas o microorganismos perjudiciales. El agua empleada para la finalización del lavado debe tener la misma calidad que el agua requerida para su empleo como ingrediente en el proceso (Carrasco, 2018). Además, el proceso de limpieza y sanitización debe garantizar que se cumpla con unos parámetros establecidos para la calidad del producto, esto se logra a través de una validación de la línea (Navia Callisaya & Hilaquita Ch., 2018).

Para las validaciones de la limpieza para industrias de alimentos están establecidas normativas como la norma BRC la cual brinda criterios para garantizar estándares de seguridad alimentaria en los productos, y en la cual están incluidos los parámetros de los sistemas CIP como un punto fundamental. La norma BRC Food Safety, es una norma internacional, que tiene como objetivo establecer los requisitos necesarios para realizar la auditoría y la certificación de fabricantes de alimentos con el fin de que obtengan la certificación conforme a la norma mundial de seguridad alimentaria. Dentro de esta norma se establece la importancia de las condiciones de limpieza e higiene que garanticen los estándares sanitarios en todo momento (BRC Global Standards, 2022). Para el caso específico de los sistemas CIP se pueden observar los requisitos en las Figuras 7 y 8.

En conclusión, un sistema CIP garantiza la limpieza y sanitización de equipos mejorando la eficiencia del proceso brindando soluciones a la industria de alimentos para el cumplimiento de la calidad y la seguridad alimentaria.

Figura 7**Requisitos BRC para sistemas CIP**

Requisitos
<p>Todos los equipos de CIP deben diseñarse y construirse de modo de garantizar una operación eficiente. Esto deberá incluir:</p> <ul style="list-style-type: none">• validación que confirme el diseño y la operación correctos del sistema• un diagrama actualizado de la disposición del sistema de CIP• si se recuperan y reusan soluciones de enjuague, una evaluación del riesgo de contaminación cruzada (p. ej., debido a la reintroducción de un alérgeno o la existencia de diferentes zonas de riesgo de producción en el establecimiento). <p>Las modificaciones o adiciones al sistema de CIP deberán ser autorizadas por una persona debidamente competente antes de que se realicen los cambios. Deberán conservarse registros de los cambios.</p> <p>Estos deberán revalidarse a una frecuencia basada en los riesgos y después de cualquier modificación o agregado.</p>
<p>Se deben definir los límites de desempeño aceptables e inaceptables para los parámetros de proceso clave a fin de garantizar la eliminación de peligros objetivo (p. ej., tierra, alérgenos, microorganismos, esporas). Como mínimo estos parámetros deberán incluir:</p> <ul style="list-style-type: none">• tiempos de cada etapa• concentraciones de detergente• caudal y presión• temperaturas. <p>Deberán validarse y deberán conservarse los registros de la validación.</p>
<p>Los equipos de CIP deberán recibir mantenimiento de personal debidamente capacitado para garantizar que se lleva a cabo una limpieza eficaz. Este deberá incluir:</p> <ul style="list-style-type: none">• verificaciones de rutina de concentraciones de detergente• monitoreo de soluciones posteriores al enjuague recuperadas para detectar acumulaciones de arrastres de los depósitos de detergente• limpieza e inspección de filtros, cuando estén colocados, a una frecuencia definida• almacenamiento de mangueras flexibles (si se usan) en forma higiénica cuando no estén en uso y su inspección a una frecuencia definida para comprobar que estén en buen estado.

Nota: Tomada de BRC Global Standards (2022).

Figura 8*Otros requisitos BRC para sistemas CIP*

Cuando se utilicen instalaciones para CIP, se deberán monitorear con una frecuencia definida basada en los riesgos. Esto puede incluir:

- monitorear los parámetros del proceso definidos en la cláusula 4.11.7.2
- comprobar que haya conexiones, tuberías y configuraciones adecuadas
- confirmar que el proceso funcione correctamente (p. ej., que las válvulas se abran/cierren en forma secuencial, que los aerosoles de bola funcionen bien)
- asegurar la realización efectiva del ciclo de limpieza
- monitorear que se logren resultados eficientes, como drenaje cuando corresponda.

Los procedimientos deberán definir la acción a realizar si el monitoreo indica que el procesamiento está fuera de los límites definidos.

Nota: Tomada de BRC Global Standards (2022).

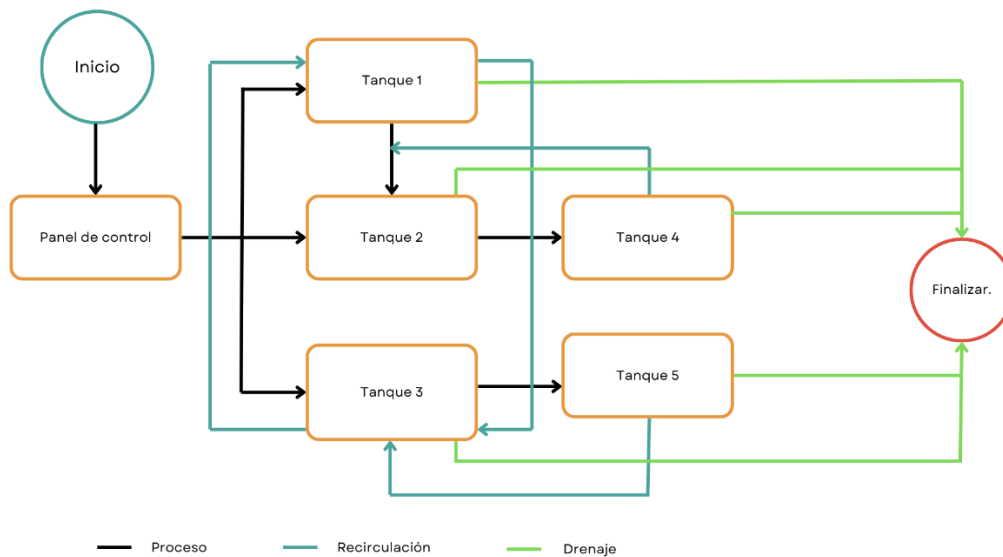
4. Metodología

La metodología utilizada en este proyecto se basa en una combinación de búsqueda bibliográfica y pruebas en planta, con el objetivo de obtener resultados precisos y confiables. Se realizó una revisión de la literatura relacionada con los sistemas CIP, donde se identifican los tipos de sistemas, su funcionamiento y parámetros fundamentales para su implementación. Posteriormente, se diseñaron y realizaron pruebas en planta, programando diferentes formulaciones en los paneles de control del sistema CIP para realizar la limpieza luego de producción de la línea de panquelería, variando una variable a la vez: químicos de diferentes proveedores, concentración de químicos, tiempo, temperatura y nivel de llenado de los tanques.

El sistema CIP que se evalúa en las pruebas en planta consta de diversos equipos, donde los principales son 5 tanques, de los cuales los tanques 1, 2 y 3 son de mezclado en el proceso y pasan a los tanques 4 y 5, los cuales son de almacenamiento para pasar el producto a la siguiente etapa de producción. Durante las etapas del proceso (número de pasos) de limpieza se realiza recirculación de la solución con químico o con agua para el enjuague como se muestra en la Figura 9. El proceso de limpieza finaliza con el drenaje completo de los tanques.

Figura 9

Diagrama de bloques del sistema CIP de la línea de panquelería.



La recopilación y análisis de los datos se realizó de forma cualitativa y cuantitativa, con medición de variables (tiempo, temperatura, concentración del químico) y encuestas realizadas a operarios del área del sistema CIP, supervisores de la línea de panquelería y proveedores de químicos para el CIP, para posteriormente ser analizadas con métodos de ponderación para datos cualitativos y método ANOVA para datos cuantitativos. Esta metodología combina la investigación teórica con la práctica y la experimentación, lo que garantiza la obtención de resultados relevantes para el proyecto

5. Análisis de resultados

La selección del producto químico y su concentración es esencial para una buena limpieza; por lo tanto, se realizan pruebas en planta para seleccionar los mejores químicos para el sistema CIP, donde se evaluaron tres propuestas de proveedores de químicos.

Los principios activos de los químicos alcalino, ácido y desinfectante son:

- Alcalino: hidróxido de sodio
- Ácido: ácido nítrico
- Desinfectante: ácido peracético.

Las pruebas en planta incluyeron todos los pasos del sistema CIP:

- Purga
- Enjuague inicial
- Enjuague cáustico
- Enjuague ácido
- Enjuague de desinfección
- Enjuague final

Las pruebas con cada uno de los proveedores (1, 2 y 3) se realizaron a las mismas condiciones de temperatura, tiempo y nivel de llenado de los tanques. Los criterios para la selección de un proveedor de químicos considerados son:

- Seguridad del equipo: considerando que no dañe el material del equipo (corrosión) o sea incompatible con productos presentes en el equipo o contaminantes residuales.
- Información técnica: información de la ficha técnica y hoja de seguridad: información suficiente y actualizada del producto.
- Precio: que garantice una relación costo-beneficio conveniente para la empresa.
- Efectividad: capacidad para asegurar limpieza y desinfección.
- Validación positiva con métodos de verificación: se realiza validación visual, pruebas de pH y de alérgenos.

Estos criterios se evalúan de acuerdo con el porcentaje ponderado de la Tabla 1, de acuerdo con la importancia que le da la empresa a cada criterio, y la calificación de criterios presentados en la Tabla 2.

Tabla 1*Porcentaje de ponderación para cada criterio de selección de productos químicos.*

Criterio	% Ponderado
Seguridad del equipo	20
Información técnica	20
Precio	15
Efectividad	25
Validación de la limpieza	20
Total	100

Tabla 2.*Criterios de selección para productos químicos.*

Criterio	Criterios de calificación				
	1	2	3	4	5
Seguridad del equipo	Poco seguro: presenta altos riesgos de seguridad	Baja seguridad: presenta algunos riesgos de seguridad	Moderadamente seguro: es relativamente seguro, pero requiere ciertas precauciones	Seguro: hay bajo riesgo para el equipo	Muy seguro: no presentan riesgos para el equipo
Información técnica	Incompleta y desactualizada	Incompleta y actualizada	Completa y desactualizada	Completa y actualizada	Completa, actualizada y servicio técnico disponible para consultas sobre la información
Precio	Alto costo y menos efectividad respecto a otros productos	Alto costo e igual efectividad respecto a otros productos	Igual costo e igual efectividad respecto a otros productos	Igual costo y mayor efectividad respecto a otros productos	Menor costo y mayor efectividad respecto a otros productos
Efectividad	Ineficaz: ninguna capacidad para eliminar la suciedad	Poco efectivo: capacidad parcial para eliminar la suciedad	Moderadamente efectivo: es efectivo para la mayoría de las áreas	Efectivo: elimina eficientemente la mayoría de la suciedad	Muy efectivo: el producto es extremadamente eficaz para eliminar todo tipo de suciedad

Validación de la limpieza	Negativa: la limpieza fue inadecuada o insuficiente	Deficiente: la limpieza fue parcial.	Aceptable: la limpieza fue adecuada, aunque podría mejorarse	Positivo: la limpieza fue mayormente efectiva	Excelente: la limpieza fue completamente efectiva
----------------------------------	---	--------------------------------------	--	---	---

Los resultados de la selección del proveedor del químico alcalino (hidróxido de sodio), con base a lo planteado en la Tabla 1 y en la Tabla 2, se evidencian en la Tabla 3. El químico alcalino se utiliza para disolver y eliminar aceites, grasas y residuos orgánicos que se acumulan en los equipos durante la producción.

Tabla 3.

Resultados de selección del proveedor de químico alcalino (hidróxido de sodio).

Alcalino				
Criterio	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	
Seguridad del equipo	0,8	1,0	1,0	
Información técnica	0,6	0,8	0,8	
Precio	0,6	0,6	0,6	
Efectividad	1,3	1,0	1,0	
Validación de la limpieza	0,8	1,0	0,4	
Total	4,1	4,4	3,8	

Los resultados de la Tabla 2, implican que, al comparar tres químicos alcalinos de diferentes proveedores, el proveedor 2 tiene un químico alcalino (hidróxido de sodio) con mejores características de acuerdo con los criterios que se plantearon y por lo tanto es la mejor opción para el sistema CIP de la línea de panquelería.

Para escoger el mejor agente ácido se utilizan los resultados de la Tabla 4. Por lo general el ácido (ácido nítrico) se utiliza en el sistema CIP como un químico suplementario u ocasional, que se utiliza antes o después del químico alcalino para eliminar incrustaciones de minerales, suciedad y otros residuos que se acumulan con el tiempo en diversas superficies. Estos residuos suelen formarse por la presencia de agua dura, sales minerales o incluso grasa pegada. Al aplicar el ácido, este actúa como un agente disolvente que descompone o disuelve las sustancias que se han adherido de forma sólida a las superficies, facilitando su eliminación.

Tabla 4.

Resultados de selección del proveedor de químico ácido (ácido nítrico y fosfórico).

Criterio	Ácido		
	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Seguridad del equipo	0,8	1,0	1,0
Información técnica	0,6	0,8	0,8
Precio	0,5	0,6	0,5
Efectividad	0,5	1,0	0,8
Validación de la limpieza	0,8	0,8	0,6
Total	3,2	4,2	3,7

Como resultado de la tabla 4 se tiene que el mejor producto químico ácido entre los diferentes proveedores se obtiene con el proveedor 2.

El desinfectante se utiliza para reducir microorganismos patógenos a un nivel aceptable (seguro para la salud) o eliminarlos por completo, con el fin de garantizar la seguridad y salubridad de los productos. Para la selección del químico desinfectante se utilizan los mismos criterios que para el alcalino y ácido, y los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.

Resultados de selección del proveedor de químico desinfectante (ácido peracético).

Criterio	Desinfectante		
	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Seguridad del equipo	0,8	1,0	1,0
Información técnica	0,6	0,8	0,8
Precio	0,6	0,5	0,6
Efectividad	1,3	0,3	1,0
Validación de limpieza	0,8	0,8	0,6
Total	4,1	3,4	4,0

De acuerdo con la Tabla 5, el mejor producto desinfectante (ácido peracético) lo tiene el proveedor 1. Por lo tanto, con los resultados de las tablas anteriores, se concluyó que para los insumos de agente cáustico y ácido se escogería el proveedor 2, mientras que para el desinfectante el proveedor 1. Luego de definidos los productos, se hacen verificaciones de los puntos en los que se agregará el químico a través de un análisis de riesgo de contaminación con la matriz de riesgo por contaminación que se presenta en la Figura 10. Esta matriz establece el riesgo de acuerdo con

la probabilidad y la severidad, las cuales se determinan de acuerdo con los criterios mostrados en la Tabla 6.

Figura 10

Matriz de riesgo por contaminación.

MATRIZ			Probabilidad				
			Despreciable	Escasamente	Probable	Posible	Muy alta
			1	2	3	4	5
Severidad	Baja	1	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Moderada	2	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
	Alta	3	Medio	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto
	Muy alta	4	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Tabla 6.

Criterios para definir la probabilidad y severidad para la matriz de riesgo por contaminación.

Calificación	Probabilidad	Severidad
1	Despreciable: Es altamente improbable que el equipo se contamine debido a un acceso controlado del personal.	Baja: La contaminación tendría un impacto mínimo, sin riesgo significativo para la calidad o seguridad del producto.
2	Escasamente: Hay pocas oportunidades de contaminación, pero podrían surgir casos esporádicos.	Moderada: El impacto de la contaminación sería limitado, afectando solo una pequeña parte de la producción o un control menos crítico.
3	Probable: La contaminación es posible en algunos casos, como fallos puntuales en los protocolos del acceso del personal.	Alta: La contaminación tendría un impacto significativo en los procesos, afectando uno o varios puntos críticos de control.

4	<p>Posible: La probabilidad de contaminación es significativa debido a lapsos en la limpieza o controles insuficientes.</p> <p>Muy alta: La contaminación provocaría una interrupción mayor en la producción, afectando seriamente la seguridad y calidad del producto.</p>
5	<p>Muy alta: Existe una alta probabilidad de contaminación debido a accesos frecuentes del personal o falta total de control de acceso al equipo.</p> <p>No aplica</p>

Los resultados de la matriz de riesgo por contaminación de la Figura 11 para los equipos principales del sistema (5 tanques) se dan en la Tabla 7, considerando los criterios de la Tabla 6.

Tabla 7.

Resultados de la matriz de riesgo para los 5 tanques del sistema CIP.

Análisis de riesgo			
Equipos	Probabilidad	Severidad	Riesgo
Tanque 1	4	3	Muy alto
Tanque 2	4	3	Muy alto
Tanque 3	4	3	Muy alto
Tanque 4	3	2	Medio
Tanque 5	3	2	Medio

De acuerdo, al riesgo de los equipos de la Tabla 7, se concluye que es necesario agregar una nueva preparación de químico de limpieza en los tanques 1, 2 y 3 para cada lavado; mientras que para los tanques 4 y 5 es suficiente con la recirculación de la solución diluida en los tanques 1,2 y 3 en los ciclos de limpieza del sistema CIP.

Posteriormente, se realizaron pruebas en planta para determinar las concentraciones de los productos químicos. Los porcentajes de concentración a los que se evaluaron los productos por recomendaciones del proveedor fueron:

- Alcalino: 0.5 - 2% v/v
- Ácido: 0.5 – 1.5% v/v
- Desinfectante: 0.037 - 1.8% v/v

Las pruebas se realizan bajo las mismas condiciones de temperatura, nivel de llenado y tiempo, con los proveedores seleccionados de acuerdo con las Tablas 3, 4 y 5, y agregando el químico a los tanques 1, 2 y 3, en base al resultado del análisis de riesgo de la Tabla 7. Inicialmente, se realizaron pruebas con las concentraciones recomendadas por el proveedor para el sistema CIP de la línea de panquelería:

- Alcalino: 1.5% v/v
- Ácido: 1% v/v
- Desinfectante: 0.5% v/v

En base a esto, se realizaron pruebas en planta variando la concentración de los químicos para llegar a una concentración óptima con base en los criterios de la efectividad y las validaciones de limpieza expresados en la Tabla 2. Finalmente, se determinó que la concentración mínima de los químicos para el sistema CIP es de:

- Alcalino: 0.8 % v/v
- Ácido: 1% v/v
- Desinfectante: 0.12% v/v

Después de definir los reactivos y su concentración, se considera evaluar el nivel de llenado del tanque, con el fin de minimizar el consumo de agua sin afectar los resultados de la limpieza. Ya que debido a que es un sistema CIP de un solo uso, se requiere garantizar que el sistema sea lo más sustentable posible para la empresa. Los datos tomados al variar el nivel de llenado para las limpiezas y calificando con los criterios de validaciones de limpieza de la Tabla 2, se obtienen los datos de la Tabla 8, donde el porcentaje ponderado se definió dividiendo el total entre la cantidad de pruebas que se realizaron.

Tabla 8.

Resultados de pruebas de nivel de llenado de los tanques.

Prueba	% Ponderado	Nivel del tanque				
		15	20	40	45	60
1	20	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8
2	20	0,8	0,6	0,8	0,4	0,6
3	20	0,6	0,4	0,8	0,8	0,4
4	20	0,6	0,4	0,6	0,8	0,8
5	20	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4
Total	100	3,2	2,8	3,2	3,4	3

Los resultados de la Tabla 8, indican que el nivel de llenado de los tanques al 45% sería el mejor para la limpieza; sin embargo, el consumo de agua para una limpieza con todos los ciclos a este nivel de llenado sería de 13.4 m³, por lo que al analizarlo no resulta viable ya que no es sustentable debido a que el agua utilizada debe ser potable. Por este motivo se evalúa la posibilidad de variar el nivel de llenado en cada una de las etapas (purga, enjuague inicial, enjuague cáustico, enjuague ácido, enjuague de desinfección y enjuague final) utilizando los niveles de llenado del 15%, 40% y 45% que obtuvieron los mejores resultados según la Tabla 8. Al realizar esto se obtiene que por limpieza se consume 7.2 m³ de agua, es decir, una reducción del 46.3%.

A pesar de la reducción de consumo de agua, también se evalúa la posibilidad de no utilizar todos los pasos de la limpieza siempre, en otras palabras, crear diferentes formulaciones para el sistema CIP para cada proceso a realizar. Las formulaciones que se proponen son:

- Receta 1- Limpieza profunda: aplica para limpiezas programadas en el Plan Maestro de Limpieza.
- Receta 2- Lavado de producto 1: es usada para lavar la línea al terminar la producción del producto 1.
- Receta 3- Desinfección: se utiliza para desinfectar la línea antes de una producción.
- Receta 4- Lavado de producto 2: es usada para lavar la línea al terminar la producción del producto 2.
- Receta 5- Lavado de choque: sirve en caso tal de que el sistema sea contaminado con una severidad alta o muy alta, de acuerdo con la Tabla 6.

Los niveles de agua utilizados con estas recetas son de:

- Receta 1- Limpieza profunda: 6.8 m³.
- Receta 2- Lavado de producto 1: 3.2 m³.
- Receta 3- Desinfección: 2.61 m³.
- Receta 4- Lavado de producto 2: 3.74 m³.
- Receta 5- Lavado de choque: 6.8 m³.

Considerando que el uso diario del sistema requiere es desinfección y lavado dependiendo del producto se obtiene lo siguiente:

- Receta 3- Desinfección + Receta 2- Lavado de producto 1: se consume un total de 5.81 m³, lo cual es una reducción de 19.3% respecto a los 7.3 m³ con la variación del % de nivel de llenado para cada etapa y del 56.6% respecto a un nivel de llenado del 45% para todas las etapas.
- Receta 3- Desinfección + Receta 4 - Lavado de producto 2: se consume un total de 6.35 m³ lo cual es una reducción de 11.8% respecto a los 7.3 m³ con la variación del % de nivel de llenado para cada etapa y del 52.6% respecto a un nivel de llenado del 45% para todas las etapas.

En definitiva, para que el sistema sea sustentable se toma la decisión de dejar las formulaciones anteriores con su respectiva variación de nivel de llenado en cada etapa.

A su vez, otro parámetro fundamental para la limpieza con el sistema CIP es la temperatura a la cual se debe utilizar el agua y las soluciones con los químicos respectivos. Las temperaturas recomendadas por los proveedores para sus productos son:

- Alcalino (hidróxido de sodio): Utilizar el producto en un rango de temperatura ambiente a 80°C
- Ácido (ácido nítrico): Temperatura ambiente y cuando se requiera, se puede usar a altas temperaturas de agua, hasta 85°C.
- Desinfectante (ácido peracético): Temperatura ambiente.

Considerando los principios activos que se tienen en los diferentes químicos de limpieza se concluye que es mejor evitar el uso de agua caliente con los ácidos, es decir con el químico ácido y desinfectante, debido a que los ácidos pueden reaccionar de forma exotérmica con el agua generando una condición insegura si la solución ya está a una temperatura elevada debido al agua caliente, incluyendo un peligro de incendio. Otra razón es la posibilidad de producir más gases tóxicos que representan un riesgo para los operarios del área por la toxicidad y para el equipo debido a un aumento de presión en el sistema.

En conclusión, se establece que el ácido (ácido nítrico) y el desinfectante (ácido peracético) se deben usar a temperatura ambiente; mientras que para el alcalino (hidróxido de sodio) se utiliza una temperatura entre 70°C y 80°C, porque el agua caliente en este paso del proceso de limpieza permite una mejora en la remoción de los residuos orgánicos en los equipos y tubería.

De otro modo, es necesario establecer el tiempo óptimo para la limpieza, donde se establece el tiempo mínimo de lavado por ciclo, con el fin de que los químicos actúen correctamente. Teniendo en cuenta que ya se tiene definida la temperatura, nivel de llenado y la concentración de cada químico de limpieza para el sistema CIP, se realiza pruebas en planta donde solo se varía el tiempo, obteniendo que el tiempo mínimo que garantiza los resultados esperados es de 10 minutos para el alcalino (hidróxido de sodio) y el ácido (ácido nítrico), mientras que para el desinfectante (ácido peracético) es de 5 minutos.

Los rangos de tiempo mínimos y máximos para el sistema son:

- Alcalino: 10-60 minutos
- Ácido: 10-45 minutos
- Desinfectante: 5-60 minutos

Se establece un rango de tiempo, debido a que si la concentración del detergente químico disminuye en alguna aplicación es necesario aumentar el tiempo de limpieza para lograr la misma eficacia. Además, con los datos recolectados en las pruebas se realiza un análisis de las pruebas con un ANOVA, identificándose que la variación de los tiempos no formulados (tiempo de llenado y tiempo de drenaje) no varían significativamente.

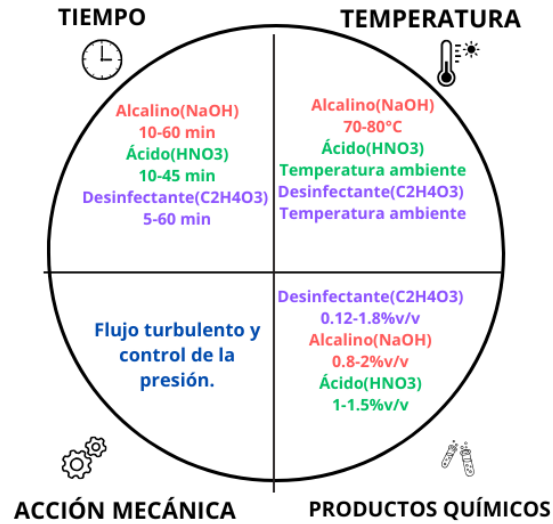
Con respecto a la formulación inicial del proveedor del sistema CIP, que era un tiempo formulado (sin contar tiempos de llenado de tanques y drenaje) de 107 minutos se logró una reducción de aproximadamente del 30 % del tiempo.

Para este trabajo, no se tiene en cuenta como variable la acción mecánica, que es el único parámetro del círculo de Sinner (Figura 3) que no se ha tratado, ya que esta depende de elementos mecánicos (diámetros de la tubería y bombas) que se determinaron desde el diseño para garantizar un flujo turbulento, el cual es necesario para el proceso de limpieza.

En resumen, las condiciones de operación en las que puede funcionar para el sistema CIP de la línea de panquelería son dadas en la Figura 11.

Figura 11

Condiciones de operación del sistema CIP.

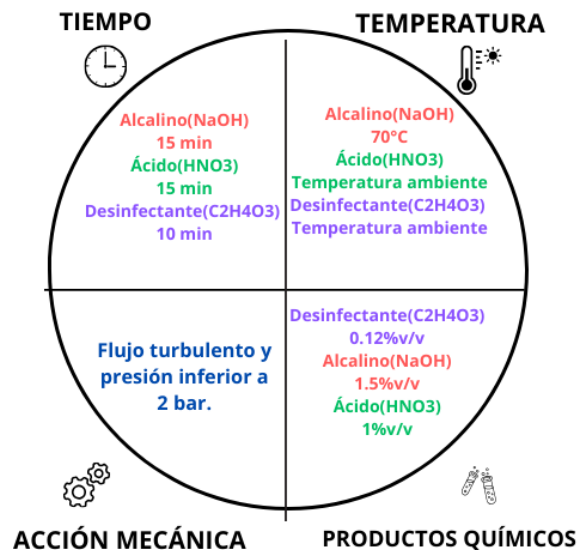


Nota: Elaboración propia.

Dentro de los rangos operativos las condiciones óptimas del sistema determinados se muestran en la Figura 12.

Figura 12

Condiciones óptimas de operación del sistema CIP.



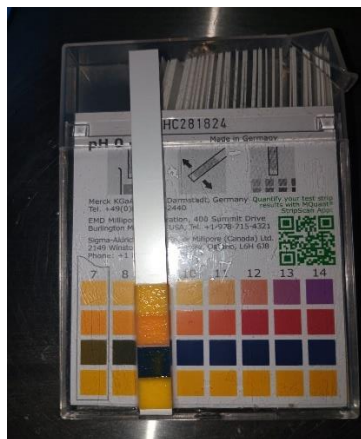
Nota: Elaboración propia.

Finalmente, a medida que se realizaba la determinación de parámetros óptimos del sistema, también se realizaba el seguimiento de los requisitos de la normativa BRC presentados en las Figuras 7 y 8. Los requisitos que se tuvieron en cuenta para el proyecto son:

- Validación de la operación correcta del sistema: se realizó verificación de que se cumplieran los ciclos de limpieza en cada prueba.
- Definir los límites de desempeño aceptables para los parámetros de proceso claves. Los parámetros claves mínimos a definir son los tiempos de cada etapa, la concentración de detergente, el caudal, la presión y las temperaturas: para este proyecto se tuvieron en cuenta todos excepto caudal y presión que están dados por elementos mecánicos del sistema, los demás límites para los parámetros se pueden observar en la Figura 11.
- Verificaciones de rutina de concentraciones de detergente: para este ítem se utilizó una medición de concentración indirecta midiendo el pH (Figura 13) en las diferentes tomas muestras con los que cuenta el sistema.
-

Figura 13

Verificación de concentración con método indirecto de medición de pH.



- Monitoreo de soluciones posteriores al enjuague recuperadas para detectar acumulación de arrastres de los depósitos de detergente: se realizan verificaciones

del pH en el enjuague final para garantizar que no tenga residuales de químicos como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Verificación de pH en el enjuague final del lavado.



- Limpieza e inspección de filtros, con frecuencia definida: se define la limpieza e inspección luego de terminar cada lavado con el sistema CIP, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Limpieza e inspección de filtros.



- Monitoreo de los parámetros del proceso definidos: se realiza la capacitación a los operarios del área sobre los parámetros del proceso para que sean monitoreados en cada limpieza.
- Asegurar la realización efectiva del proceso de limpieza y monitorear que se logren resultados eficientes: se realizan las validaciones de limpieza validación visual de los tanques del sistema en cada limpieza como se muestra en las Figuras 17 y 19 en contraste con las Figuras 16 y 18, al igual que se hace inspección visual de la limpieza de las tuberías con cámara como se evidencia en la Figura 20.

Además, se realizan pruebas de alérgenos aleatorias en diferentes puntos del sistema como se presenta en la Figura 21.

Figura 16

Tanque 1 luego de producción



Figura 17

Tanque 1 al finalizar el proceso de limpieza del sistema CIP



Figura 18

Tanque 2 luego de producción



Figura 19

Tanque 2 al finalizar el proceso de limpieza del sistema CIP



Figura 20

Verificación de limpieza de tuberías con cámara.



Figura 21

Prueba negativa de alérgenos para tres puntos diferentes del sistema CIP.



Para lo anterior, se diseñaron diferentes formatos y métodos de verificación internos para el sistema que tuviera en consideración lo requerido por la norma BRC. Con el cumplimiento de la norma se termina la implementación del sistema CIP en la línea de panquelería de la planta de Itagüí.

6. Conclusiones y recomendaciones

Se logró la implementación del sistema CIP en la línea de panquelería de la planta de producción de Bimbo en Itagüí, donde se pudieron estandarizar los límites permisibles para el sistema (Figura 11) y sus condiciones óptimas de funcionamiento (Figura 12). Sin embargo, al analizar el consumo de recursos como agua, químicos y energía, se concluye que la limpieza con el sistema CIP es costosa para tener una frecuencia diaria (5-6 veces a la semana), por lo que se recomienda cambiar a una producción continua garantizando un solo lavado semanal o rediseñar el sistema actual por un sistema de recirculación (Figura 5). Otras recomendaciones operativas identificadas en la implementación son: restringir el uso del ácido (ácido nítrico) solo para limpiezas profundas, es decir, las programadas por el Plan Maestro de Limpieza de acuerdo con el análisis de riesgo de los equipos, para evitar el daño a materiales diferentes al acero inoxidable (empaques); y aplicar el desinfectante (ácido peracético) en un tiempo inferior a una hora antes de la producción para asegurar la inocuidad del producto debido a que no se asegura por completo la hermeticidad del sistema.

Respecto a los requisitos de la norma BRC para el sistema CIP, presentados en las Figuras 7 y 8, solo se tuvieron en cuenta los requisitos que se presentan en el análisis de resultados debido a que hay requisitos específicos de otras áreas de la empresa y otros requisitos no aplican como el análisis de soluciones recirculadas para asegurar la concentración de las sustancias, el cual se deberá considerar en caso de rediseñar el sistema; sin embargo, se considera que con el trabajo realizado hay información suficiente para dar cumplimiento a la norma BRC.

Finalmente, se puede concluir que la práctica académica permitió cumplir satisfactoriamente los objetivos establecidos al inicio de este trabajo donde las actividades realizadas y los desafíos que se presentaron contribuyeron significativamente a la formación académica de la autora y a la empresa.

Referencias

BRC Global Standards. (2022). Norma Mundial de Seguridad Alimentaria (Versión 9).

BRCGS. (2022). Global Standard FOOD SAFETY ISSUE 9. INTERPRETATION GUIDELINE. En *brcgs.com* (N.º 978-1-78490-449-4). Williams Lea.

Carrasco, M. J. (2018). *Cleaning In Place* [Trabajo final para la Práctica Profesional Supervisada]. Universidad Tecnológica Nacional.

Gallego Giraldo, W. F. (2020). Diseño de automatización del sistema CIP en la máquina Doy Pack, de la empresa Panamericana de Alimentos S.A.S. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/25417>

ILI JARA, C. A. (2010). Diseño de sistema de lavado de estanques automatizado CIP (Cleaning In Place). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfci.28d/doc/bmfci.28d.pdf>

Jin, G., Jiang, Z., Sun, Y., Liu, Z., Liu, S., & Wu, F. (2024). Intelligent clean-in-place (CIP) system in beverage (healthy water) cleaner production. *Food Control*, 110877. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110877>

Navia Callisaya, N. W., & Hilaquita Ch., H. C. M. L. (2018). Determinación y evaluación de parámetros del sistema de limpieza C.I.P. en tanques de elaboración de la planta de lácteos, SOALPRO SRL. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/22390>

Snyder, A. (2024). *Surface sanitation in food manufacturing: Clean-In-Place, Clean-Out-of-Place, and environment*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822521-9.00131-3>

Viruega Sevilla, D. (2018). Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de cerveza. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/30907>

Anexos

Figura A1

Procedimiento de limpieza con el sistema CIP implementado.

