


## Evaluación de eficacia del circuito cerrado CIP en la planta de producción de GREENFROST SAS

### *Assessment of the effectiveness of the closed-loop CIP system at the GREENFROST SAS production plant*

Danny Fabian Banguera de Jesús<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior Quito Metropolitano. Carán N3-195 y Calle B (Nueva Tola 2) Quito, Ecuador;  
[jbanguera@itsqmet.edu.ec](mailto:jbanguera@itsqmet.edu.ec)

**Resumen:** La limpieza en sitio (CIP) constituye un elemento fundamental en la industria alimentaria para garantizar la inocuidad de los procesos productivos y prevenir la contaminación cruzada. En este contexto, la evaluación y optimización de sus parámetros operativos resulta esencial para asegurar la eficacia del sistema. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia del sistema CIP implementado en la planta de producción de GREENFROST S.A.S., mediante el análisis del cumplimiento del procedimiento y la comparación de diferentes dosificaciones alcalinas, con el propósito de determinar la condición más adecuada para la eliminación de residuos y el control higiénico del proceso. La metodología empleada fue de tipo descriptiva, con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, utilizando una encuesta estructurada de escala Likert (niveles del 1 al 5) con categoría de nunca a siempre aplicada al personal directamente involucrado en la ejecución y supervisión del CIP n=10. Los resultados evidenciaron un alto nivel de cumplimiento del procedimiento y demostraron que la dosificación de 750 mL de los agentes alcalinos presentó mayor eficacia en la limpieza de nudos críticos y en la reducción del riesgo de contaminación cruzada. Los resultados arrojaron que la dosificación de 600 mL presentó una limpieza adecuada del 55%, con una presencia de residuos del 45%, mientras que la dosificación de 700 mL aumentó a una limpieza adecuada de 72%, con 28 % de residuos. La dosificación adecuada de 750 mL, presenta una limpieza del 90% con apenas el 10% de residuos. Se concluye que la optimización de la dosificación y el control de los parámetros críticos fortalecen la consistencia del sistema CIP y contribuyen a la mejora continua de la inocuidad alimentaria.

**Palabras clave:** CIP, higiene, esterilización, contaminación cruzada, leche.

**Abstract:** *Cleaning in place (CIP) is a fundamental element in the food industry for ensuring the safety of production processes and preventing cross-contamination. In this context, the evaluation and optimization of its operating parameters is essential to ensure the system's effectiveness. This study aimed to evaluate the effectiveness of the CIP system implemented at the GREENFROST S.A.S. production plant by analyzing compliance with the procedure and comparing different alkaline dosages to determine the most suitable condition for waste removal and hygienic process control. The methodology employed was descriptive, with a quantitative approach and a non-experimental design, using a structured Likert scale survey (levels from 1 to 5) with categories from never to always, administered to the personnel directly involved in the execution and supervision of CIP (n=10). The results showed a high level of compliance with the procedure and demonstrated that a dosage of 750 mL of alkaline agents was most effective in cleaning critical areas and reducing the risk of cross-contamination. This was further evidenced by the fact that the 600 mL dosage showed adequate cleaning of 55%, with 45% residue present, while the 700 mL dosage increased to 72% adequate cleaning, with 28% residue. The 750 mL dosage showed 90% cleaning with only 10% residue. It is concluded that optimizing the dosage and controlling critical parameters strengthens the consistency of the CIP system and contributes to the continuous improvement of food safety.*

**Keywords:** CIP, hygiene, sterilisation, cross-contamination, milk.

ÉLITE 2026, Vol. 8, Num. 1  
ISSN: 2600-5875

Recibido: 05/02/2026

Revisado: 23/02/2026

Aceptado: 15/03/2026

Publicado: 28/03/2026

## I. INTRODUCCIÓN

### *Antecedentes de la investigación*

El procesamiento de alimentos enfrenta desafíos constantes en materia de higiene, inocuidad y aseguramiento de la calidad, especialmente en sectores sensibles como la industria láctea. La creciente demanda de productos seguros y el fortalecimiento de las regulaciones sanitarias han llevado a las empresas a optimizar sus sistemas de saneamiento industrial con el fin de prevenir riesgos microbiológicos y garantizar procesos productivos confiables. En este sentido, las actividades de limpieza y desinfección constituyen un componente esencial de las buenas prácticas de manufactura, ya que una deficiencia en estos procedimientos puede comprometer la calidad del producto final y representar un peligro para la salud del consumidor (Vizcaino y Cedeño,2023)

Dentro de las tecnologías implementadas para el control higiénico, los sistemas Cleaning in Place (CIP) se han consolidado como una alternativa eficiente para la limpieza interna de equipos y tuberías sin necesidad de desmontaje. Estos sistemas permiten controlar variables críticas como el tiempo de contacto, la temperatura, la concentración de agentes químicos y la acción mecánica del flujo, factores que influyen directamente en la remoción de residuos orgánicos y biopelículas. La literatura especializada señala que la falta de control adecuado de estas variables puede favorecer la acumulación de contaminantes, particularmente en zonas de difícil acceso como válvulas, uniones y codos de las tuberías (Rosania y Jiménez, 2022).

Desde el estado del arte, se reconoce que la eficacia de los sistemas CIP no debe considerarse permanente ni invariable, sino que requiere evaluaciones técnicas

periódicas que permitan ajustarlo a las condiciones reales de operación de cada planta. Investigaciones desarrolladas en la industria alimentaria latinoamericana evidencian que la aplicación rutinaria del CIP sin una verificación técnica sistemática puede generar insuficiencias en la limpieza y favorecer la contaminación cruzada del producto terminado (Rodríguez,2017). Esta situación adquiere mayor relevancia en la producción de yogurt, debido a que su composición nutricional puede convertirse en un medio favorable para el crecimiento microbiano cuando existen fallas higiénicas en el proceso.

### *Justificación*

La evaluación técnica del sistema de circuito cerrado CIP en la planta de yogurt de GREENFROST S.A.S. resulta fundamental para garantizar la inocuidad del producto y fortalecer los controles sanitarios del proceso productivo. Aunque el sistema se utiliza para la limpieza de las tuberías por donde ingresa la materia prima, la ausencia de documentación que respalde su eficacia en los nudos críticos genera incertidumbre respecto a su impacto real en la calidad microbiológica del yogurt. Esta falta de evidencia puede provocar una percepción de seguridad que no necesariamente se encuentra sustentada en datos técnicos, aumentando el riesgo de contaminación cruzada y afectando la confianza del consumidor (Rodríguez, 2009).

Desde una perspectiva técnica y sanitaria, asegurar un adecuado nivel de limpieza en el circuito cerrado de cualquier proceso tecnológico tiene un efecto directo en la calidad del producto final. En el caso del yogurt, mantener condiciones higiénicas óptimas permite reducir el riesgo microbiano y garantizar que el alimento conserve características seguras para su consumo (Rosania y Jiménez, 2022). Asimismo, la

optimización del sistema CIP no solo beneficia a los consumidores mediante la obtención de un producto más seguro, sino que también favorece a la empresa al disminuir reprocesos, evitar pérdidas económicas por rechazos sanitarios y fortalecer su imagen frente a clientes y organismos de control.

### ***Objetivo general***

- Analizar la calidad del yogurt producido en la fábrica GREENFROST S.A.S. para el consumo humano, mediante la intervención del sistema de circuito cerrado CIP en los nudos críticos de la tubería por donde circula la materia prima.

### ***Objetivos específicos***

- Identificar la posible presencia de residuos y microorganismos en los nudos críticos de la tubería por donde ingresa la materia prima
- Evaluar la efectividad del sistema de circuito cerrado CIP en la eliminación de residuos orgánicos y carga microbiológica en los puntos críticos del proceso, considerando los parámetros operativos del sistema.
- Determinar la relación entre la intervención técnica del sistema CIP y la mejora en la calidad microbiológica del yogurt, con los cambios obtenidos en las condiciones sanitarias del proceso productivo.

### ***Definición del problema***

A pesar de contar con un sistema automatizado de limpieza y desinfección en circuito cerrado, la empresa GREENFROST S.A.S. no dispone de información

técnica suficiente que permita determinar con precisión el nivel de efectividad del CIP en los nudos críticos de la tubería por donde ingresa la materia prima. La posible presencia de residuos y microorganismos en estos puntos representa un riesgo potencial para la calidad microbiológica del yogurt y puede afectar los controles de inocuidad alimentaria exigidos por la normativa vigente.

En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo ha mejorado la calidad del yogurt producido en la empresa GREENFROST S.A.S., posterior a la intervención del sistema de circuito cerrado CIP en los nudos críticos de la tubería por donde ingresa la materia prima? Esta interrogante orienta el análisis hacia la relación entre la optimización del sistema de limpieza y el impacto real en la calidad del producto final.

## **II. METODOLOGÍA**

El presente estudio se centró en un enfoque cuantitativo con un marco no experimental, descriptivo y evaluativo, destinado a evaluar la efectividad de los sistemas de Limpieza in Situ (CIP) implementados en la planta de producción de GREENFROST S.A.S. Este marco fue elegido porque no hubo manipulación deliberada de ninguna variable, y el rendimiento del sistema CIP fue evaluado y observado bajo condiciones operativas reales. Este enfoque permite la evaluación de la efectividad del sistema sin interferir en el proceso de producción, como señalan Rosania y Jiménez Díaz (2022) para la investigación aplicada en sus directrices metodológicas.

El enfoque cuantitativo en esta investigación permitió recopilar datos medibles y comparables sobre la efectividad del procedimiento de limpieza. Esto fue

complementado por el enfoque descriptivo, que facilitó la caracterización del estado del sistema CIP y sus resultados. Del mismo modo, el enfoque evaluativo fue el más adecuado para estudiar la calidad del proceso de limpieza y su aporte a la mejora de las condiciones higiénicas en el contexto industrial, en cumplimiento con las proposiciones de Paredes (2012) y Vizcaíno Zúñiga et al. (2023).

Una consideración primaria al observar esta metodología de diseño es que no enfatiza relaciones causales directas, pero es adecuada al evaluar procesos activos en los que la observación sistemática y las mediciones objetivas tienen prioridad (Rosania & Jiménez Díaz, 2022).

#### ***Población y Muestras***

La muestra del estudio consistió en personal operativo y técnico directamente involucrado en la limpieza, desinfección y control de calidad del sistema CIP en la planta de procesamiento central de GREENFROST S.A.S. Debido a que el número de empleados involucrados en este proceso es pequeño y específico, se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando empleados que participan directamente en la ejecución, supervisión y evaluación del sistema de limpieza.

Este método de muestreo es ampliamente utilizado en investigaciones en el ámbito industrial, y en este caso, se justifica por la relevancia de la información obtenida de personas que, en virtud de su formación técnica, poseen el conocimiento y la experiencia del proceso evaluado (Rosania & Jiménez Díaz, 2022). Sin embargo, una de las limitaciones de este método de muestreo es la incapacidad del estudio para ser aplicado en algunos otros escenarios productivos sin tener en cuenta sus peculiaridades operativas.

#### ***Técnica e Instrumento para la Recogida de Datos***

Una medida individual considerada para la recogida de datos fue el método de encuestas debido a su potencial para reunir datos claros y medibles sobre la efectividad del sistema CIP. A partir de esta medida, se formuló un instrumento, en este caso, una encuesta que contenía preguntas cerradas y articuladas a través del uso de una escala tipo Likert para evaluar la adecuación de la dosificación del agente químico, el cumplimiento del tiempo de lavado, la percepción de la limpieza de los puntos críticos de la tubería y la mejora de las condiciones higiénicas del proceso productivo.

El uso de encuestas en estudios evaluativos permite estandarizar la medición de variables operativas, facilitando el análisis cuantitativo del resultado, por lo que se recomienda en las investigaciones metodológicas contemporáneas (Vizcaíno Zúñiga et al., 2023). Una de las principales desventajas de este instrumento es la subjetividad de la percepción de los encuestados; sin embargo, esto se minimiza dirigiendo el cuestionario a personal capacitado con vinculación directa al sistema CIP.

#### ***Análisis de datos***

Los resultados obtenidos de la aplicación de las encuestas fueron organizados, tabulados y analizados mediante estadística descriptiva, así como utilizaron frecuencias y/o porcentajes, y medidas de tendencia central. Este tipo de análisis contribuyó a la interpretación del nivel de eficacia del sistema CIP de forma clara, así como a la comparación de los resultados obtenidos tras la intervención del proceso de limpieza, constituyendo lo que los estudios metodológicos de carácter evaluativo sugieren (Rosania & Jiménez Díaz, 2022).

La información fue procesada en Microsoft Excel, lo que facilitó la sistematización de los datos, la elaboración de tablas, la representación gráfica de los resultados y así se garantizó la claridad, trazabilidad y la replicabilidad del análisis.

### ***Cuestiones Éticas y Replicabilidad***

La investigación se llevó a cabo observando principios éticos fundamentales al asegurar la confidencialidad de la información de los participantes y los datos utilizados únicamente con fines de investigación. Además, el relato detallado de la metodología CIP, el instrumento de recolección de datos y el método de análisis estadístico proporciona evidencia de la replicabilidad del estudio para que pueda aplicarse a contextos industriales similares, en cumplimiento con los requisitos establecidos por Rosania y Jiménez Díaz (2022) y Vizcaíno Zúñiga et al. (2023).

### ***Limitaciones del estudio***

El presente estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental y descriptivo, por lo que los hallazgos permiten caracterizar el funcionamiento del sistema CIP y comparar su desempeño percibido bajo diferentes dosificaciones alcalinas, pero no establecen relaciones de causalidad absoluta entre la intervención y la mejora microbiológica del yogurt. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia evaluativa del desempeño operativo del CIP en condiciones reales, más que como una demostración experimental controlada del efecto de una dosis específica sobre un indicador microbiológico determinado (Rosania & Jiménez Díaz, 2022; Vizcaíno Zúñiga et al., 2023).

Otra limitación importante se relaciona con el tamaño muestral y el tipo de muestreo. La encuesta se aplicó a un grupo reducido de participantes (n=10)

seleccionado por conveniencia, lo cual es pertinente para contextos industriales con personal específico involucrado en el proceso, pero restringe la generalización de los resultados a otras plantas o líneas de producción con configuraciones, cargas orgánicas y rutinas operativas distintas (Rosania y Jiménez Díaz, 2022).

Asimismo, los datos recolectados provienen de un instrumento perceptual tipo Likert aplicado a personal operativo y técnico. Aunque esto aporta información valiosa sobre el cumplimiento del procedimiento y la efectividad observada en puntos críticos, existe un componente de subjetividad inherente a la percepción humana, lo que puede introducir variabilidad en la valoración de la limpieza, especialmente cuando no se acompaña de mediciones fisicoquímicas o microbiológicas directas en superficies o en el sistema posterior al CIP (Vizcaíno Zúñiga et al., 2023).

Finalmente, el estudio se enfocó en la evaluación del procedimiento y en la comparación de dosificaciones alcalinas, sin incorporar un componente amplio de verificación instrumental (por ejemplo, ATP, hisopados microbiológicos, recuentos en superficies o validación analítica de residuos químicos). Por ello, aunque la evidencia respalda la dosificación óptima desde el desempeño operativo y la percepción de reducción del riesgo, futuras investigaciones podrían fortalecer la validez interna mediante indicadores objetivos de limpieza y control microbiológico (Rodríguez Villar, 2017).

## **III. RESULTADOS**

La encuesta fue aplicada al personal directamente involucrado en la ejecución, supervisión y control del sistema CIP. La Tabla 1 presenta la distribución de los participantes según su cargo y experiencia laboral en

el área de saneamiento industrial los cuales son 10 en total

**Tabla 1.**

*Caracterización del personal encuestado según cargo y experiencia*

Cargo	Porcentaje (%)
Operario de producción	40
Técnico de saneamiento	30
Control de calidad	30
<b>Total</b>	<b>100</b>

La información evidencia que el 100 % de los encuestados mantiene relación directa con el proceso CIP, lo que garantiza que los datos recolectados provienen de actores con conocimiento operativo del sistema, condición necesaria para la confiabilidad del estudio (Rosania & Jiménez Díaz, 2022).

**Sistema CIP empleado**

El sistema CIP evaluado realiza el procedimiento siguiendo una secuencia operativa estandarizada que incluye seis etapas, las cuales están orientadas a asegurar la eliminación de residuos orgánicos y minimizar el riesgo de contaminación cruzada en las tuberías del sistema productivo. El procedimiento comienza con un barrido preliminar, el cual se realiza utilizando solamente agua potable, y que tiene como objetivo la eliminación de residuos visibles y preparar las superficies internas para una acción química posteriormente.

El sistema, en una primera etapa, realiza una dosificación de carácter alcalino, en la cual incorpora 750 mL de MK BASIC, un producto que tiene como base el hidróxido de sodio, en 220 litros de agua, realizando un lavado continuo con retorno durante 20 minutos. Al finalizar esta etapa, se realiza un acondicionamiento intermedio de 5 minutos con agua potable, destinado a la eliminación de residuos del agente químico utilizado.

El procedimiento continúa con una segunda dosificación alcalina, utilizando 750 mL de ECO al 5 %, también basado en hidróxido de sodio, diluido en 220 litros de agua, aplicando nuevamente un lavado de retorno durante 20 minutos, seguido de un segundo enjuague de 5 minutos con agua potable. Finalmente, el proceso termina con un enjuague final utilizando agua filtrada por carbón activado y desinfectada por luz ultravioleta, con el fin de garantizar la eliminación de los residuos químicos restantes y optimizar la calidad microbiológica del sistema antes del inicio del proceso productivo.

**Resultados sobre el cumplimiento del procedimiento del sistema CIP**



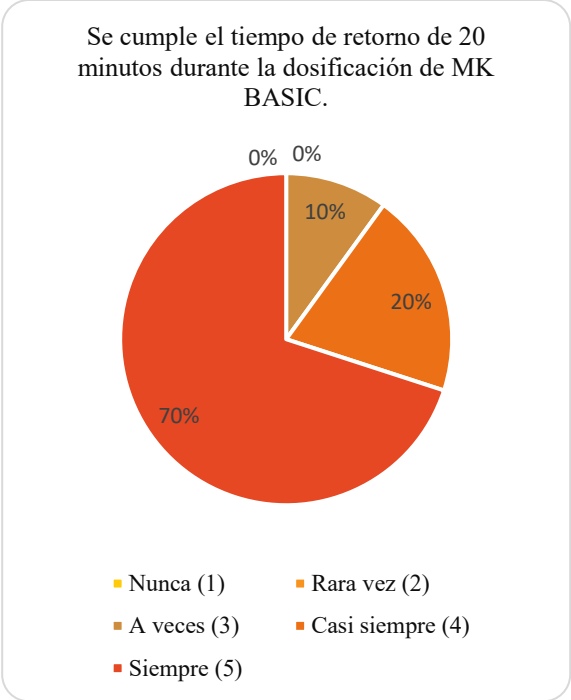
**Figura 1. Resultados inicio de CIP**

Del conjunto de figuras derivadas de la encuesta aplicada, se seleccionaron aquellas que proporcionan información crítica para responder a la pregunta de investigación y cumplir con los objetivos del estudio. Estas figuras proporcionan evidencia del comportamiento real del sistema CIP, su efectividad bajo diferentes dosificaciones y su impacto en el control higiénico del proceso productivo.

La Figura 1 muestra un comportamiento totalmente uniforme en la ejecución del barrido inicial con agua potable, ya que todas las respuestas se concentran en la categoría Siempre. Este resultado muestra que el personal ha internalizado esta etapa como una práctica obligatoria dentro del procedimiento CIP, lo que lleva a la estandarización del inicio del proceso de limpieza. La importancia de este hallazgo radica en que el barrido preliminar desempeña una función crítica al eliminar residuos visibles y reducir la carga orgánica inicial del sistema, creando así condiciones favorables para las acciones de los agentes químicos posteriores. La consistencia observada en esta etapa ayuda a que los resultados obtenidos en las fases posteriores del CIP sean comparables y reproducibles.

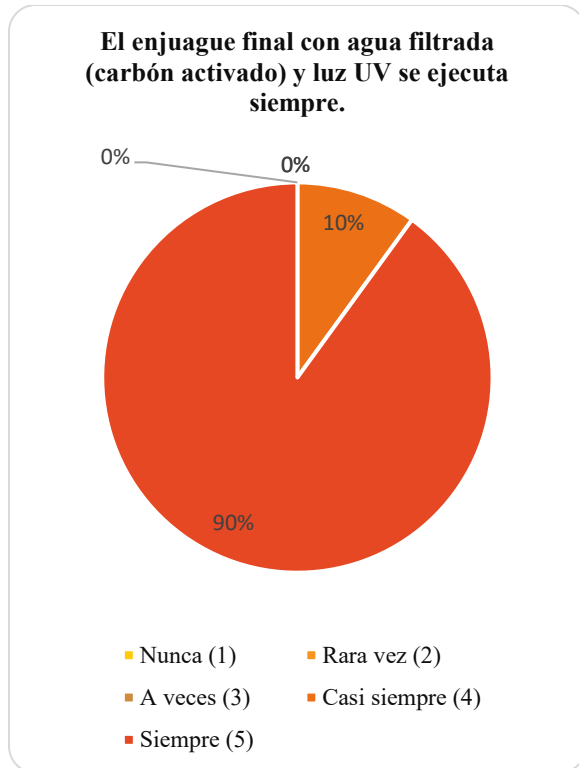


**Figura 2.** Llenado de agua potable en marmitas para inicio de CIP



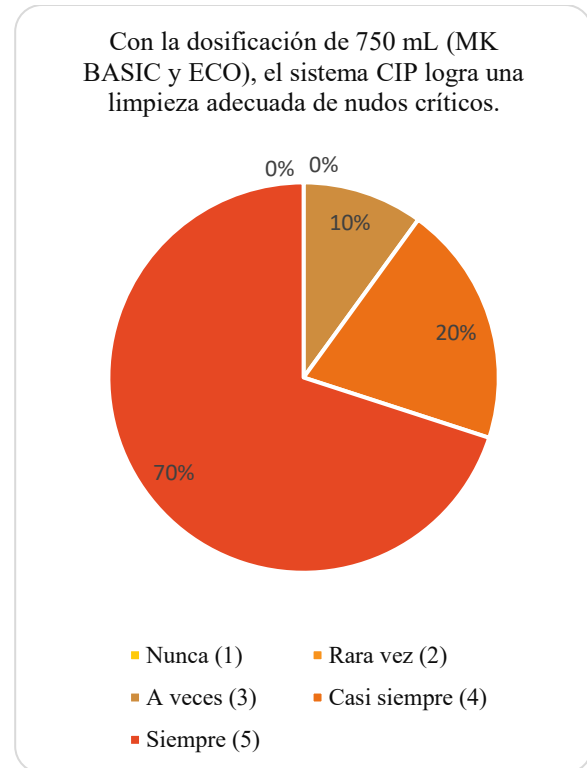
**Figura 3.** Cumplimiento del tiempo de retorno del MK BASIC (20 minutos)

En la figura 3, hay una clara tendencia en las categorías *Casi siempre* y *Siempre*. Esto significa que es más probable que el tiempo de retorno de 20 minutos durante la dosificación de MK BASIC ocurra durante la mayoría de los ciclos de limpieza. Esta tendencia sugiere que el control del tiempo de contacto con el agente alcalino se ejecuta de manera satisfactoria en la mayoría de los casos. Sin embargo, la distribución de respuestas en categorías intermedias muestra que hay un cierto grado de variabilidad operativa. Aunque estas variaciones no son predominantes, desde una perspectiva de control de calidad, son significativas porque el tiempo de contacto afecta directamente la capacidad del agente químico para disolver los residuos orgánicos que están adheridos a las superficies internas del sistema.



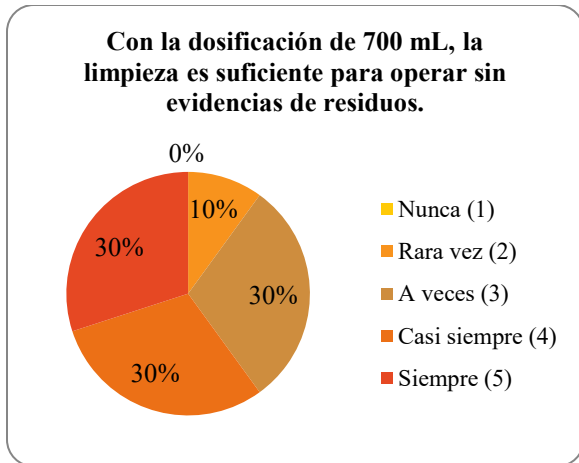
**Figura 4.** Ejecución del enjuague final con agua filtrada y luz ultravioleta

El resultado más consistente en el estudio se muestra en la Figura 4, en la que se observó una alta concentración de respuestas en la categoría *Siempre*. Esto evidencia la rutina diaria de un enjuague final con agua que se filtra con carbón activado y se desinfecta con luz ultravioleta. Esto muestra que se sigue un procedimiento que marca la pauta, ya que, desde la perspectiva de los CIP, este enjuague final es crucial para la eliminación de residuos químicos y la correspondiente mejora de la calidad microbiológica, justo antes de que comience la actividad productiva. La firmeza en su respuesta da la pauta de que el equipo es consciente y sensible a la criticidad de este procedimiento.



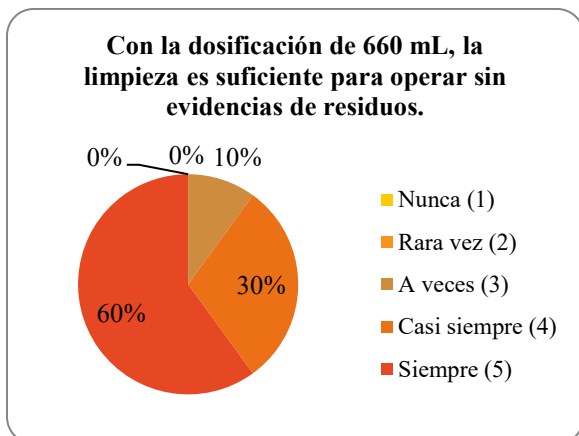
**Figura 5.** Limpieza del sistema con dosificación de 750 ml

La Figura 5 muestra uno de los resultados más importantes del estudio, ya que demuestra que la dosificación de 750 mL de los agentes alcalinos es la que presenta el mayor nivel de efectividad en la limpieza del sistema. La concentración de respuestas en la categoría *Siempre* indica que esta dosificación propicia una limpieza adecuada de los puntos críticos, como válvulas y uniones, donde se suele acumular mayor cantidad de residuos. Este resultado es todavía más relevante, ya que demuestra que el ajuste de la dosificación incide de manera directa en el rendimiento del sistema CIP, y permite fundamentar técnicamente la dosificación de 750 mL como la condición óptima para los procesos de limpieza de la planta que se analizó



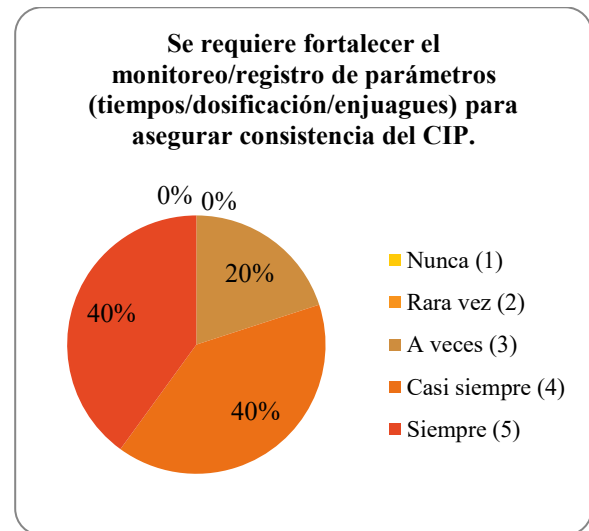
**Figura 6.** Limpieza del sistema con dosificación de 700 mL

La Figura 6 ilustra una distribución más equilibrada de las respuestas entre las categorías Ocasionalmente, Casi siempre y Siempre. Este comportamiento sugiere que una dosificación de 700 mL mejora la efectividad del sistema CIP en comparación con concentraciones más bajas, pero no logra asegurar una limpieza completamente uniforme en todos los ciclos evaluados. La importancia de esta figura radica en el hecho de que señala un punto intermedio en el rendimiento del sistema, mostrando que, aunque el aumento en la dosificación mejora los resultados, hay un umbral más allá del cual la efectividad se establece de manera consistente



**Figura 7.** Presencia de residuos con dosificación de 660 mL

La Figura 7 tiene una mayor dispersión de respuestas con ocurrencias significativas en las categorías baja y media de la escala. Este hallazgo sugiere que una dosificación de 660 mL no garantiza consistentemente la eliminación de residuos en las uniones críticas del sistema. La importancia de este hallazgo radica en que revela las limitaciones operativas del sistema CIP cuando se utilizan concentraciones insuficientes de agentes químicos; este comportamiento refuerza la necesidad de ajustes operacionales de la dosificación para garantizar condiciones higiénicas adecuadas, particularmente en los procesos de producción de alimentos.



**Figura 8.** Reducción del riesgo de contaminación cruzada

En la Figura 8 se observa una concentración mayoritaria de respuestas en las categorías *Casi siempre* y *Siempre*, lo que indica que la aplicación del sistema CIP con la dosificación óptima contribuye a reducir el riesgo de contaminación cruzada. Este resultado es relevante porque conecta la eficacia técnica del proceso de limpieza con un impacto sanitario concreto, evidenciando que una limpieza adecuada del sistema productivo favorece la protección del producto final y del consumidor. La

percepción positiva del personal refuerza la importancia del CIP como herramienta clave dentro de la gestión de la inocuidad alimentaria.

***Evaluación de la eficacia del sistema CIP según la dosificación aplicada***

La evaluación de la eficacia del sistema CIP se realizó comparando los resultados obtenidos a partir de distintas dosificaciones de los agentes químicos utilizados durante pruebas previas. Inicialmente, se aplicaron dosificaciones de 660 mL de ambos productos alcalinos, observándose que los resultados en términos de limpieza no fueron satisfactorios, ya que persistían residuos en algunos nudos críticos del sistema.

Posteriormente, se incrementó la dosificación a 700 mL, registrándose una mejora considerable en la limpieza del sistema; sin embargo, de acuerdo con la percepción del personal encuestado, los resultados obtenidos aún no garantizaban de forma óptima la eliminación total de residuos. Finalmente, se evaluó una tercera dosificación de 750 mL, la cual evidenció los mayores niveles de eficacia, reflejándose en una reducción significativa de residuos visibles y una mejora general en las condiciones higiénicas del sistema.

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos en función de la dosificación aplicada, mostrando una tendencia clara hacia una mayor eficacia del sistema CIP conforme se incrementa la concentración de los agentes alcalinos.

**Tabla 2.**

*Eficacia percibida del sistema CIP según dosificación química aplicada*

Dosificación	Limpieza adecuada (%)	Presencia de residuos (%)
660 mL	55	45
700 mL	72	28
750 mL	90	10

Los resultados indican que la dosificación de 750 mL es la que proporciona el mejor desempeño del sistema CIP, al presentar el mayor porcentaje de limpieza adecuada y la menor presencia de residuos en las tuberías del sistema productivo. Esta evidencia sustenta la selección de dicha dosificación como la condición óptima para la operación del sistema CIP en la planta de GREENFROST S.A.S., en concordancia con los criterios metodológicos de evaluación de procesos de limpieza industrial establecidos en la literatura especializada.



**Figura 9. Área de Pasteurización de yogurt**



**Figura 10.** Batidora para producción

#### IV. DISCUSIÓN

El presente estudio nos deja resultados que reflejan el funcionamiento de los sistemas de limpieza en sitio (CIP) de la planta de GREENFROST S.A.S. en cuanto al cumplimiento de los procedimientos operativos estándar y la efectividad de los diferentes niveles de dosificación de los químicos alcalinos que se evaluaron. Las conclusiones a pesar de los porcentajes muestran patrones consistentes que se pueden aventurar a explicar a la luz de la teoría de la higienización asociada a la industria alimentaria.

Por lo tanto, la homogeneidad de los resultados obtenidos en el barrido inicial con agua potable muestra el altísimo grado de estandarización del procedimiento en su fase inicial. Este comportamiento se alinea con lo que propone Paredes (2012), en el sentido que la efectividad de un sistema CIP no depende únicamente de la química a la que se exponga a los sistemas, sino de la correcta y completa preparación de las superficies, que incluye la limpieza de residuos visibles. La buena consistencia en esta fase

sugiere que el personal ha interiorizado que el barrido es un paso que es parte de un procedimiento y que es crítico para la repetibilidad del proceso y la reducción de la heterogeneidad de un ciclo de limpieza.

Con respecto al cumplimiento de retornos durante las dosificaciones alcalinas, los resultados muestran una tendencia positiva, a pesar de leves variaciones operativas. Este hallazgo es consistente con lo señalado por Vizcaíno Zúñiga et al. (2023), quienes afirman que, en los procesos industriales, la variabilidad humana puede tener impacto sobre la ejecución de ciertos parámetros críticos, independientemente de cuán definido esté el proceso. La presencia de respuestas en las categorías intermedias no evidencia, por sí sola, un incumplimiento estructural del sistema, pero sí resalta la necesidad de monitoreo constante y de mayor robustecimiento del control operativo.

Un aspecto notable del estudio se refiere a la comparación de dosificaciones de 660 mL, 700 mL y 750 mL. La evidencia muestra que el aumento incremental en la concentración de una solución alcalina está asociado con la mejora de la eficacia en el sistema CIP. Esto está en línea con lo que se ha descrito en la literatura técnica de sanidad industrial, que establece que la concentración del agente afecta directamente la remoción de residuos orgánicos que están adheridos a la superficie (Paredes, 2012). La dosificación de 750 ml se consolida como la condición más efectiva en el contexto evaluado, mientras que la dosificación de 660 mL tiene limitaciones en la remoción uniforme de residuos.

La comparación con la dosificación intermedia de 700 ml permite la identificación de un umbral operativo. Si bien esta concentración muestra mejoras respecto a valores menores a esta, no alcanza el mismo nivel de consistencia que la dosificación de 750 mL. Este

comportamiento sugiere que la efectividad del sistema CIP no depende del procedimiento existente, sino más bien de la optimización precisa de sus parámetros críticos. De esta manera, los resultados del estudio apoyan la necesidad de estudios de referencia internos antes de finalizar un protocolo de limpieza.

Con respecto al enjuague final con agua filtrada y desinfección por luz ultravioleta, el alto puntaje obtenido en los resultados muestra que esta etapa es una parte clave del proceso, en opinión del personal. Este resultado es consistente con la posición de Rosania y Jiménez Díaz (2022), quienes señalan que la fiabilidad de un proceso industrial no solo depende de su diseño técnico, sino también de la percepción y apropiación del proceso por parte del recurso humano. La conciencia operativa sobre la importancia del enjuague final es un apoyo adicional a la cultura de higiene de control dentro de la planta.

La percepción positiva asociada con un menor riesgo de contaminación cruzada sugiere que la mejora tiene impactos que van más allá de la limpieza del sistema al eliminar residuos visibles. Este hallazgo se alinea con los principios de gestión de seguridad alimentaria, donde el sistema CIP es una barrera preventiva fundamental para controlar la contaminación cruzada de lotes de producción. La percepción de menor riesgo con dosificación óptima subraya la relevancia del ajuste técnico realizado al sistema.

En general, los hallazgos del estudio se alinean con investigaciones previas que afirman que la efectividad de los sistemas CIP depende de una combinación apropiada de concentración química, tiempo de contacto y calidad del enjuague final (Paredes, 2012; Vizcaíno Zúñiga et al., 2023). Sin embargo, este estudio presenta un elemento adicional al ilustrar cómo la comparación interna de diferentes dosis

mejora el rendimiento del sistema bajo condiciones operativas reales.

La discusión de los resultados confirma que el sistema CIP evaluado muestra un alto nivel de respectivo cumplimiento operativo y que una dosificación de 750 ml se constituye como la mayor eficacia dentro del contexto productivo analizado. Por otro lado, los resultados enfatizan la relevancia del mantenimiento constante de una cultura operativa, del monitoreo de los indicadores y de los parámetros críticos como componentes que coadyuvan a la sostenibilidad del sistema de limpieza y a la preservación de la inocuidad alimentaria.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados permitieron confirmar que los nudos críticos del sistema (válvulas, uniones y codos) constituyen puntos de mayor susceptibilidad para la acumulación de residuos orgánicos cuando la dosificación del agente químico no es suficiente. En las pruebas realizadas con 660 mL, se evidenció una presencia de residuos del 45 %, lo que demuestra que concentraciones inferiores no garantizan una limpieza uniforme del sistema. Esta situación representa un riesgo potencial para la proliferación microbiana, especialmente en un producto como el yogurt, cuya composición nutricional favorece el crecimiento de microorganismos si existen fallas higiénicas. Por tanto, se concluye que la identificación de estos puntos críticos permitió reconocer debilidades operativas que deben ser controladas mediante parámetros técnicos adecuados, reforzando la importancia de la vigilancia constante en las áreas más sensibles del circuito.

La evaluación comparativa entre las distintas dosificaciones evidenció una relación progresiva entre el aumento de la concentración alcalina y la mejora en la eficacia del sistema CIP. Mientras que con 660 mL

la limpieza adecuada alcanzó solo el 55 %, y con 700 mL mejoró al 72 %, fue con 750 mL donde se obtuvo el mayor nivel de efectividad, alcanzando un 90 % de limpieza adecuada y reduciendo la presencia de residuos al 10 %. Estos resultados demuestran que el sistema CIP funciona de manera eficiente siempre que se respeten y optimicen sus parámetros críticos, tales como concentración química, tiempo de contacto y calidad del enjuague final. En consecuencia, se concluye que la efectividad del sistema no depende únicamente de su diseño estructural, sino del control riguroso y la estandarización de sus variables operativas.

Los hallazgos permitieron establecer que la intervención técnica orientada a la optimización de la dosificación alcalina tuvo un impacto directo en la mejora de las condiciones sanitarias del proceso productivo. La percepción mayoritaria del personal respecto a la reducción del riesgo de contaminación cruzada, junto con la disminución significativa de residuos en los nudos críticos con la dosificación de 750 mL, evidencian una relación positiva entre el ajuste técnico del sistema CIP y la mejora en la calidad microbiológica del yogurt. Aunque el estudio tuvo un enfoque descriptivo y no experimental, los resultados muestran que la optimización de los parámetros del CIP fortalece la inocuidad del producto final, mejora la consistencia del proceso y contribuye a la sostenibilidad del sistema de gestión de higiene industrial en la planta.

#### **FINANCIAMIENTO:**

Los autores se encargaron de financiar la investigación por sí mismos, sin contar con financiamiento colaborativo por parte de entes públicos o privados. No se recibieron fondos de concursos, subvenciones de instituciones o apoyos de proyectos a nivel nacional o internacional.

También se realizó en conjunto con la actividad académica y las evaluaciones técnicas del sistema CIP en la planta de GREENFROST S.A.S. con la colaboración voluntaria de los operativos y técnicos de la empresa. Se valora la confianza institucional otorgada para la recolección de datos y el acceso a los procesos productivos que eran necesarios para la investigación. Los autores hacen constar que no hubo patrocinio externo que pudiera incidir en el diseño, ejecución, análisis o en la interpretación de los resultados del estudio.

#### **CONFLICTOS DE INTERÉS**

El autor declara no tener conflicto de interés en relación con la presente investigación. No existe ningún interés financiero, comercial, institucional o personal que pueda interpretarse como una influencia inapropiada en el diseño del estudio, la recopilación, análisis o interpretación de los datos, ni en la redacción del manuscrito o en la decisión de publicar los resultados.

Dado que la investigación fue financiada con recursos propios, no existieron financiadores externos que influyeran en el desarrollo del estudio. En consecuencia, no hubo participación de terceros en el diseño del estudio, en la recopilación, análisis o interpretación de los datos, ni en la redacción del manuscrito o en la decisión de someterlo a publicación.

#### **REFERENCIAS**

1. AENOR. (2015). *UNE-EN 1672-2:2015 Maquinaria para la industria alimentaria. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene*. Asociación Española de Normalización. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0055754>

2. Codex Alimentarius Commission. (2004). *Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos (CXC 57-2004)*. FAO/OMS. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/codes-of-practice/es/>
3. Codex Alimentarius Commission. (2020). *Principios generales de higiene de los alimentos CXC 1-1969*. FAO/OMS. <https://www.fao.org/3/y1579s/y1579s.pdf>
4. FAO. (2011). *Guía de buenas prácticas de higiene para la industria alimentaria*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i0480s/i0480s.pdf>
5. FAO & OMS. (2011). *Guía para la aplicación del sistema HACCP*. FAO. <https://www.fao.org/3/y1579s/y1579s.pdf>
6. ICMSF. (2011). *Microorganismos en los alimentos 8: Uso de datos para evaluar el control del proceso y la aceptación del producto*. Editorial Acribia. <https://www.acribia.com/producto/microorganismos-en-los-alimentos-8/>
7. ISO. (2018). *ISO 22000:2018 Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos — Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria*. Organización Internacional de Normalización. <https://www.iso.org/standard/65464.html>
8. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2015). *Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados*. [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/normativa\\_tecnica\\_sanitaria\\_sustitutiva\\_alimentos\\_procesados.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/normativa_tecnica_sanitaria_sustitutiva_alimentos_procesados.pdf)
9. Organización Mundial de la Salud. (2020). *Cinco claves para la inocuidad de los alimentos*. OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-FOS-01.1>
10. Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Buenas prácticas de manufactura en la industria alimentaria*. OPS. <https://www.paho.org/es/documentos/buenas-practic-manufactura-industria-alimentaria>
11. Paredes, E. Y. (2021). *Evaluación de la efectividad del sistema de limpieza CIP en procesos industriales alimentarios* [Tesis de pregrado, Universidad de Los Andes]. [http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde\\_arquivos/33/TDE-2012-09-27T06:52:11Z-1806/Publico/paredesylin.pdf](http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/33/TDE-2012-09-27T06:52:11Z-1806/Publico/paredesylin.pdf)
12. Pérez Hurtarte, R. E. (2018). *Evaluación del sistema de limpieza CIP en una planta procesadora de alimentos* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/20171/1/Rudy%20Estuardo%20P%C3%A8rez%20Hurtarte.pdf>
13. Rosania, J. W., & Jiménez Díaz, V. H. (2022). *Lineamientos metodológicos para la investigación aplicada*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17950>

14. Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., & Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723–9762.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7658](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658)

15. Rodríguez Villar, J. (2017). *Validación de procesos de limpieza y desinfección en la industria alimentaria*. Universidad de Valladolid.

<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/27935>

16. Sánchez, M., López, J., & Ramírez, P. (2019). Control higiénico y validación de sistemas CIP en la industria alimentaria. *Revista Científica Agroindustrial*, 6(2), 45–59.

<https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cienciaagroindustrial>

17. OPS. (2022). *Manual de capacitación en higiene e inocuidad alimentaria*.

<https://iris.paho.org/handle/10665.2/55883>

18. WHO & FAO. (2019). *Food hygiene basic texts*.

<https://www.fao.org/3/y1579e/y1579e.pdf>