



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA UTILIZANDO UN PRODUCTO
A BASE DE PEROXIDO DE HIDRÓGENO EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA
EMPRESA DE BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON LA
FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN**

Ing. Harry Aissa Pérez Urizar

Asesorado por el Mtro. Sergio Armando González Martínez

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA UTILIZANDO UN PRODUCTO
A BASE DE PEROXIDO DE HIDRÓGENO EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA
EMPRESA DE BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON LA
FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. HARRY AISSA PÉREZ URIZAR
ASESORADO POR EL MTRO. SERGIO ARMANDO GONZÁLEZ MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

NIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Ing. Walter Darío Caal Mérida
EXAMINADOR	Inga. Brenda Zulema Sierra Belches
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA UTILIZANDO UN PRODUCTO
A BASE DE PEROXIDO DE HIDRÓGENO EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA
EMPRESA DE BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON LA
FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de agosto de 2021.

Harry Aissa Pérez Urizar

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.135.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA UTILIZANDO UN PRODUCTO A BASE DE PEROXIDO DE HIDRÓGENO EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA EMPRESA DE BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON LA FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN**, presentado por: **Ing. Harry Aissa Pérez Urizar**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



Decana

Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, enero de 2023

LNG.EEP.OI.135.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA UTILIZANDO UN PRODUCTO A BASE DE PEROXIDO DE HIDRÓGENO EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA EMPRESA DE BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON LA FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN”

presentado por **Ing. Harry Aissa Pérez Urizar** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

Edgar
“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, Noviembre de 2021

Como coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial**,
jornada entre semana, doy el aval correspondiente para la
aprobación del Trabajo de Graduación titulado: "**IMPLEMENTACIÓN**
DE UN PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA, UTILIZANDO UN PRODUCTO A BASE DE
PEROXIDO HIDROGENO, EN EL ÁREA DE FERMENTACIÓN DE UNA EMPRESA DE
BEBIDAS FERMENTADAS, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE
PRODUCTIVIDAD: 5S, ESTUDIO DE METODOS Y MEDICIÓN DEL TRABAJO CON
LA FINALIDAD DE NO AFECTAR LOS PLANES DE PRODUCCIÓN" presentado
por el Ingeniero **Harry Aissa Pérez Urizar** quien se identifica con
carné **201020834**.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial entre semana
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 22 de febrero de 2022

Ingeniero M.Sc.

Edgar Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Facultad de Ingeniería USAC

Ciudad Universitaria, Zona 12

Señor director:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que he revisado el Informe Final del estudiante Harry Aissa Pérez Urizar que se identifica con DPI No. 2241771250101, estudiante de la Maestría en Gestión Industrial, con el tema: “Implementación de un procedimiento de limpieza, utilizando un producto a base de peróxido de hidrogeno, en el área de fermentación de una empresa de bebidas fermentadas, mediante el uso de herramientas de productividad: 5s, estudio de métodos y medición del trabajo con la finalidad de no afectar los planes de producción”. Además, informó que he aprobado el Informe Final de tesis y el artículo científico.

El Informe Final se ha desarrollado cumpliendo con el Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, por lo que considero que llena los requisitos académicos para que pueda ser aprobado y el estudiante pueda continuar con los procesos posteriores establecidos por la Escuela de Postgrado.

Vo. Bo. _____

Ingeniero Agrónomo
Sergio Armando González Martínez
Colegiado No. 886

Sergio Armando González Martínez

M. Sc. En Tecnología en Ingeniería Cañera No. 886

Asesor

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por sus bendiciones y provisiones. Por permitirme llegar a este momento y guiar me hasta culminar cada etapa de mi vida.
Mis padres	Harry Pérez y Sylvia Urizar de Pérez. Sus enseñanzas serán siempre mis pilares.
Mi esposa	Blanca Divas de Pérez, por ser mi compañera de vida ideal e inspiración a ser siempre mejor.
Mi hermana	Katya Pérez, por enseñarme, guiar me y acompañarme en mi vida.
Mis sobrinos	Carlos Andrés y Alexa Mendoza, por darme tanta felicidad.

AGRADECIMIENTOS A:

- | | |
|---|---|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas. |
| Mi familia | Moisés y Silvia Urizar, por ser parte de mi núcleo, su compartir siempre me hará feliz. |

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Estudios Previos	1
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Proceso de fermentación de bebidas alcohólicas	5
2.1.1. Equipos utilizados durante la fermentación alcohólica	6
2.1.1.1. Tanques fermentadores	7
2.1.1.2. Tanques de almacenamiento de levadura	8
2.1.1.3. Tuberías de conexión	9
2.1.2. Contaminación en la industria de bebidas fermentadas	9
2.1.2.1. Contaminación física	10
2.1.2.2. Contaminación química	11
2.1.2.3. Contaminación biológica	11
2.1.3. Procesos de limpieza de equipos en industrias de bebidas fermentadas	12

2.1.4.	Formas en las que se mide el grado de limpieza en equipos.....	14
2.1.5.	Posibles problemas de contaminación en procesos de fermentación	15
2.1.6.	Alternativas de soluciones de limpieza a usar: peróxido de hidrógeno.....	16
2.1.7.	Frecuencias de limpieza.....	16
2.2.	Productividad	17
2.2.1.	Herramientas de productividad.....	17
2.2.1.1.	Estudio de métodos.....	17
2.2.1.2.	Medición del trabajo	18
2.2.1.3.	Método de 5S	19
2.2.1.4.	Manufactura Esbelta	23
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	27
3.1.	Metodología	27
3.2.	Unidades de análisis	29
3.3.	Técnicas de análisis de información.....	29
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	31
4.1.	Desarrollo del nuevo procedimiento.....	31
4.1.1.	Descripción de situación actual	31
4.1.2.	Descripción de cambios propuestos.....	33
4.1.3.	Adaptación del proceso al uso del nuevo producto	34
4.2.	Aplicación de herramientas de productividad para adaptar el nuevo procedimiento	35
4.2.1.	Estudio de métodos.....	36
4.2.2.	Medición del trabajo	39
4.2.3.	Método de 5S	43
4.3.	Ánálisis de costos y relación beneficio costo	44

4.3.1.	Análisis de costo de implementación.....	45
4.3.2.	Relación beneficio costo.....	45
4.4.	Verificación de reducción de resultados microbiológicos con el nuevo procedimiento.....	46
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
5.1.	Desarrollo del nuevo procedimiento	49
5.2.	Aplicación de herramientas de productividad para adaptar el procedimiento	50
5.3.	Análisis de costos y relación beneficio costo.....	52
5.4.	Verificación de reducción de resultados microbiológicos con el nuevo procedimiento.....	53
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	REFERENCIAS	59
	APÉNDICES	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ejemplo de diseño de tanque de fermentación.	8
2. Mejoras debido al estudio de métodos y medición del trabajo.....	19
3. Efecto de la implementación de una metodología 5S.	21
4. Programa de las 5S.	23
5. Ejemplo de distribución actual de tanques y equipos.	32
6. Diagrama de flujo del procedimiento de limpieza actual.....	33
7. Diagrama de flujo del procedimiento de limpieza modificado.	35

TABLAS

I. Variables a analizar del proyecto.	XIX
II. Fases del estudio.	XX
III. Media de la medición de tiempos en el proceso de limpieza normal, sin el nuevo producto de limpieza.	36
IV. Media de la medición de tiempos en el proceso de limpieza con el uso del nuevo producto de limpieza.....	37
V. Media de tiempos en el proceso de limpieza, con modificaciones en el proceso mediante estudio de métodos.	38
VI. Media de tiempos en el proceso de limpieza identificando tiempos muertos entre pasos.....	40
VII. Media de tiempos en el proceso de limpieza, con tiempos muertos, luego de las modificaciones realizadas.....	42
VIII. Análisis de costo de nuevo procedimiento de limpieza para un tanque. 45	

IX. Relación beneficio costo.....	46
-----------------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
V/v	Concentración en relación volumen sobre volumen
CIP	<i>Cleaning in place</i>
H₀	Hipótesis nula
H₁	Hipótesis alternativa
min	Minutos
Q	Quetzales

GLOSARIO

Beneficio costo	Relación utilizada para evaluar el beneficio obtenido en relación a los costos de un procedimiento o proyecto.
CIP	<i>Cleaning in place</i> , limpiezas y desinfecciones realizadas en sitio.
Concentración	Relación utilizada para detallar la cantidad de una substancia que está contenida sobre otra.
Conductividad	Propiedad de todo elemento o compuesto, de conducir electricidad. Esta propiedad es utilizada para medir la concentración de sustancias de limpieza.
Constituyente ácido	Solución acida compuesta de un ácido principal, varios secundarios y aditivos. Usada para limpiezas internas en procesos de alimentos para eliminar incrustaciones.
Estudio de métodos	Técnica de productividad utilizada para realizar una evaluación critica de procedimientos o métodos, para eliminar etapas que no agregan valor o que son improductivas.

Medición del trabajo	Técnica de productividad utilizada para evaluar y reducir tiempos muertos.
Método de 5S	Técnica de productividad basada en 5 principios para lograr lugares de trabajo mejor organizados, limpios y ordenados.
Peróxido de hidrogeno	Sustancia utilizada para eliminar microorganismos infecciosos, teniendo una de las maltas efectividades como solución desinfectante.
Productividad	Medida económica utilizada para calcular cuantos bienes o servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, entre otros).
Soda cáustica	Hidróxido de sodio, utilizado en la industria de alimentos para eliminar restos orgánicos dentro de equipos en procesos de limpieza.

RESUMEN

El análisis y gestión para mejorar la productividad en procesos y procedimientos es una de las bases principales para la mejora de rentabilidad en cualquier tipo de organización, formando generalmente parte de los objetivos estratégicos. El objetivo de este estudio es el utilizar las herramientas de gestión de productividad en la implementación de un procedimiento de limpieza involucrando un nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno, necesario debido a la dificultad de productos actuales para resolver problemáticas de limpieza específicas. Mediante el estudio se pretende resolver problemáticas varias de procesos; Se busca resolver problemáticas productivas que permitan la reducción de tiempos del nuevo procedimiento, problemáticas económicas por medio de la evaluación de costos y análisis de la relación beneficio y calidad, al verificar el funcionamiento del producto en dar resultados menores en relación al procedimiento normal.

Los objetivos específicos de este estudio son el desarrollo del procedimiento utilizando el nuevo producto de limpieza, el uso de herramientas productivas como estudio de métodos, medición del trabajo y método de 5S, para realizar la modificación del nuevo procedimiento, el análisis de costos del procedimiento y la verificación del nuevo procedimiento, para asegurar que este provea una reducción en los resultados microbiológicos en comparación con el procedimiento actual.

Como resultados, se implementó el nuevo procedimiento de limpieza, adaptando el procedimiento y equipos vigentes al momento del estudio para el uso del nuevo producto. Se aplicó el estudio de métodos y medición del trabajo,

para implementar el nuevo procedimiento de una forma productiva, reduciendo 176 minutos sobre el procedimiento normal o actual. Se utilizó el método de 5S para que la implementación del nuevo procedimiento fuera dentro de un marco de un sistema riguroso y de auto evaluación de orden y limpieza, generando cultura para mantener estos parámetros. A partir del nuevo procedimiento, se realizó un análisis de costo del mismo, calculando un costo total de Q8223.32, esto debido principalmente al costo del producto a base de peróxido de hidrógeno. Se calculó el beneficio obtenido a partir de la reducción de tiempos y aprovechamiento del mismo en órdenes de producción, para luego calcular la relación de beneficio costo, obteniendo una relación de 5.61, demostrando un beneficio de 5.61 mayor a la inversión a realizar. Adicional a esto se mencionan los beneficios no cuantificables como mantener la limpieza del sistema y la garantía de tener resultados microbiológicos bajos, complementando los procedimientos de limpieza actuales.

Como recomendaciones se tiene el establecer un espacio físico específico para el uso anual de este nuevo procedimiento, con adaptaciones mecánicas adecuadas; Realizar diagramas de flujo de proceso para los demás procedimientos productivos, para poder realizar evaluaciones de productividad adicionales en base a estas; Evaluar aplicar otras metodologías de producción a los procedimientos en el área y trasladar este estudio para poderse aplicar en las demás áreas productivas de la empresa, para poder realizar el mismo procedimiento y aprovechar los resultados obtenidos tanto desde el punto de vista de tiempo, reducción de costo y reducción de resultados microbiológicos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Contexto general.

El proyecto se realizó en una empresa líder productora de bebidas fermentadas y carbonatadas. La empresa se encuentra situada entre una de las más grandes de Guatemala, sin embargo, tiene fuerte competencia con otras marcas que también compiten en el mercado ofreciendo productos con características diferenciadoras y bajos precios. En el grupo de empresas que manejan esta categoría de productos, se manejan procesos cerrados, en donde periódicamente se realizan limpiezas internas con componentes que remueven grasas, proteínas y restos orgánicos, así como de componentes desinfectantes para dejar las superficies internas sin rastros de microorganismos que puedan afectar la salud o aspectos organolépticos del producto en desarrollo.

En esta empresa, el proceso de transporte de los volúmenes líquidos se da completamente en tuberías y tanques cerrados, sin puntos de interacción física con personal humano. El área específica donde se realizó el proyecto es el área de fermentación, donde se manejan volúmenes semanales de más de 4,000,000 de litros (volúmenes comprendidos tanto de mosto como de levadura). Se realizan limpiezas de tuberías y tanques con diferentes frecuencias para garantizar la inocuidad, sin embargo, se detectó que luego de meses, hay ciertos residuos que se van acumulando, resultando en la aparición de resultados de contaminación microbiológica. Las limpiezas “normales” se realizan con diferentes elementos de limpieza, los cuales no son suficientemente fuertes para quitar estas pequeñas acumulaciones en diferentes puntos.

Desde el año 2018, se han evaluado diferentes opciones para eliminar esta contaminación: aumento de concentraciones de las soluciones que se utilizan normalmente, aumento de flujos de soluciones de limpieza, limpieza de toma muestras, revisiones internas de tanques y de flujos; sin embargo, se determinó que estas acumulaciones son frecuentes en procesos similares y es necesaria una limpieza “especial” para eliminarlas.

En años anteriores, se realizaron limpiezas con productos a base de formaldehido para eliminar todos los residuos, sin embargo, ese producto ha sido descartado debido a implicaciones de seguridad física (peligrosa para usuarios), de alimentos y de medio ambiente (contaminante).

Para la limpieza de estos puntos entonces, fue necesaria una limpieza profunda, con frecuencia anual, la cual tiene como objetivo el eliminar todas las trazas de proteínas, materia orgánica y residuos que pudieron haber quedado en cualquier punto. El producto que se utilizó fue lo suficientemente reactivo para eliminar todo lo mencionado.

- Descripción del problema.

En una empresa productora de bebidas fermentadas, se detectó que el proceso de fermentación deja pequeños residuos orgánicos en el sistema (tubería y tanques), que se acumulan y presentan contaminación en el producto luego de largos periodos de tiempo (residuos que se acumulan y presentan problema luego de 8 a 10 meses). Los procedimientos y métodos de limpieza utilizados (aun con modificaciones) no pueden eliminar este problema. Este problema tiene consecuencias en contaminación microbiológica en el producto poniendo en riesgo la inocuidad del proceso.

- Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cuál es el procedimiento productivo de limpieza que debe realizarse, utilizando un nuevo producto, para remover las pequeñas trazas de suciedad que se acumulan con el tiempo en la superficie interna de tuberías y tanques, que pueda adaptarse sin afectar los planes de producción?

- Preguntas auxiliares

- ¿Es posible desarrollar un procedimiento, involucrando un nuevo producto de limpieza, que pueda usarse como alternativa para limpiezas que remuevan todas las trazas de proteínas y levadura que queda en las superficies internas de tuberías y tanques?
- ¿Es posible adaptar el nuevo procedimiento y producto asociado, como un método productivo de limpieza sin afectar planes de producción?
- ¿Cuál es el costo total de la implementación y requerimientos de inversión de este nuevo procedimiento?
- ¿Cómo se puede validar qué el uso de este procedimiento tendrá los resultados deseados?

- Delimitación del problema

El alcance de este proyecto se delimitó a la empresa productora de bebidas fermentadas en cuestión, específicamente se analizará el proceso en el

área de fermentación, durante el periodo de implementación de un nuevo implemento de limpieza, durante el primer semestre del año 2021.

OBJETIVOS

General

Desarrollar e implementar un procedimiento para el uso de un producto de limpieza a base de peróxido de hidrógeno, usando herramientas productivas, verificando si el producto es funcional y realizando el análisis de costo de la compra del producto e implementación del procedimiento, para limpiezas especiales de tanques y tuberías usados en el proceso de fermentación de bebidas alcohólicas, con frecuencia anual, en una empresa productora de bebidas alcohólicas.

Específicos

1. Desarrollar un procedimiento, involucrando un nuevo producto de limpieza, que pueda ser utilizado para la eliminación completa de las trazas de proteínas, levaduras y restos orgánicos en el proceso de fermentación en una empresa productora de bebidas carbonatadas.
2. Aplicar herramientas de productividad para ajustar el procedimiento, con la finalidad de asegurar que no afecte los planes de producción actuales.
3. Determinar el costo de compra del producto e implementación de este para determinar la inversión necesaria.
4. Verificar que el procedimiento tenga los resultados microbiológicos deseados con la finalidad de reducir los hallazgos fuera de norma.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El estudio realizado tiene un enfoque cuantitativo, teniendo un alcance exploratorio, un diseño no experimental y 44 unidades de análisis. Las variables se describen en la Tabla I.

- Variables

Tabla I. **Variables a analizar del proyecto**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Tiempo total del procedimiento (min)	Tiempo total del procedimiento	Se midió en horas utilizando un cronómetro.
Tiempo muerto (min)	Tiempo que se pierde debido a inactividad de tareas	Se midió en horas utilizando un cronómetro.
Costo de implementación (Q)	Costo total de implementación del proyecto	Se midió en quetzales y dependerá de los costos asociados
Recuento aeróbico total	Medida de recuento de microorganismos	Se realizó por toma de muestra de última agua de lavado e inoculación en agar.

Fuente: elaboración propia.

- Fases del estudio

El estudio se llevó a cabo en 4 fases principales. En la Tabla II, a continuación, se detallan las fases, así como las herramientas de análisis utilizadas.

Tabla II. **Fases del estudio**

Fase	Objetivo	Acción a realizar	Metodología
1	Desarrollar un procedimiento, involucrando un nuevo producto de limpieza, que pueda ser utilizado para la eliminación completa de las trazas de proteínas, levaduras y restos orgánicos en el proceso de fermentación en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	Definir condiciones actuales	-
		Desarrollo del procedimiento	a) Establecimiento de parámetros para comparaciones (niveles de tolerancia).
2	Aplicar herramientas de productividad para ajustar el procedimiento, asegurando que no afecte los planes de producción actuales.	Modificar el procedimiento usando herramientas productivas	a) Estudio de métodos. b) Método de 5s. c) Medición del trabajo. d) Comparación de resultados con parámetros.
3	Determinar el costo de compra del producto necesario para las limpiezas y de la implementación del procedimiento planteado.	Ánálisis de costo e inversión	a) Análisis de costo b) Obtención de relación beneficio costo.
4	Verificar que el procedimiento tenga los resultados deseados de limpieza.	Verificación de resultados	a) Análisis estadístico de resultados.

Fuente: elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

Las herramientas productivas son utilizadas con frecuencia en procedimientos de áreas de producción para la modificación y mejora de procedimientos buscando la reducción de recursos a utilizar, menor movimiento del personal y reducción en tiempos de ejecución. Todos estos factores contribuyen en el aumento de indicadores que al final se trasladan a una mejor rentabilidad de la organización. El estudio se enfocó en utilizar herramientas de gestión de productividad en la implementación de un procedimiento de limpieza involucrando un nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno.

Los objetivos específicos de este estudio son: el desarrollo del procedimiento utilizando el nuevo producto, el uso de herramientas productivas para la modificación del procedimiento, el análisis de costo de lo que involucra el proyecto y la verificación del uso del nuevo producto y procedimiento para asegurar si este es funcional. Al cumplir con esto se logra la resolución de problemas de contaminación microbiológica que afectan al área, utilizando metodologías de análisis de métodos, 5s, análisis de tiempo, análisis de costo y análisis estadístico de los resultados obtenidos, verificando el cumplimiento del nuevo procedimiento con los estándares de tiempos de limpieza, tiempos muertos y resultados microbiología establecidos.

Se inició el proyecto a partir de la segunda semana de noviembre, luego de la aprobación del protocolo. En total se usaron 29 semanas, divididas en 6 fases, comprendidas desde la segunda semana de noviembre hasta la última semana de mayo, donde se completaron los resultados del informe final del

proyecto. El proyecto tuvo un enfoque cuantitativo, tuvo un alcance exploratorio, un diseño no experimental y las unidades de análisis serán 44 elementos.

La línea de investigación de este trabajo es la innovación, relación tecnología, productividad; debido a la implementación de un nuevo producto y procedimiento. Como tema de estudio de productividad en procedimientos de limpieza, este es uno de los primeros trabajos en enfocar el uso de herramientas productivas como estudio de métodos, medición del trabajo y metodología de 5S, a este tipo específico de procedimiento. Mediante él se obtienen resultados innovadores en reducción de tiempos, reducción de costos, alta relación beneficio costo y resultados estadísticamente mejores al procedimiento anterior.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Estudios Previos

Tal como menciona Robles (2010), los procedimientos de limpieza en las industrias de alimentos y bebidas son de vital importancia, de ellos depende la continuidad de la producción de las empresas y el garantizar la inocuidad de los productos que se distribuyen y venden a los clientes. Dentro de estos procedimientos no siempre se analizan los elementos que pueden modificarse para hacerlos más productivos o eficaces, y así generar un ahorro en los costos; en donde algunas posibles áreas de mejoras de costos podrían identificarse en: una reducción de uso de soluciones de limpieza, reducción de tiempos en los procedimientos, reducción de los costos que involucran la logística de estos materiales de limpieza (transporte y almacenamiento) o eliminar el uso de un producto de limpieza que puede ser un potencial riesgo para el personal operativo y el medio ambiente. Este último punto tiene relación con resultados de productividad y eficiencia, como mencionado por la investigación de Torres (2013), “Se busca prevenir la contaminación y reducir riesgos a los seres humanos y el ambiente, aumentando la eficiencia general de las empresas” (p.1). Las mejoras en efectividad de procesos de limpieza se han evaluado son la estandarización o bien la reestructuración de procedimientos para lograr cumplir con objetivos de limpiezas. Un esquema general del proceso de producción de bebidas alcohólicas y los procedimientos de limpieza y desinfección para este tipo de industrias puede observarse en Kunze (2006). Adicional siempre es necesario analizar si la solución de limpieza que se usa es la adecuada y si un cambio puede dar mejores resultados en cuanto a inocuidad; con respecto a esto Pozuelo (2017), detalla los 4 elementos necesarios que deben integrarse para

cumplir con una limpieza y desinfección completa, además analiza las ventajas de una limpieza con componentes peróxido-peracético.

Entre los estudios actuales a nivel Latinoamérica, no hay estudios que se enfoquen directamente al desarrollo de un procedimiento productivo de limpieza en la industria de bebidas alcohólicas, más allá de los procedimientos iniciales implementados al momento de la instalación de la planta; procesos de limpieza adicionales no han sido considerados en temas de estudio, sin embargo, se encuentran varias investigaciones de mejora en los programas de limpieza actuales en la industria de bebidas alcohólicas, industrias alimenticias o incluso en industrias de salud. De La Guardia (2013) en su estudio enfatiza las etapas esenciales de un proceso de limpieza automática, CIP (*Cleaning In Place*) en las industrias de alimentos y bebidas. Dentro de estas investigaciones, se ha buscado una mejora en la efectividad de los procedimientos de limpieza y desinfección, así como una evaluación de los análisis que pueden utilizarse de indicadores para verificar si las mejoras se han logrado efectivamente. Entre estos indicadores ACSA Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (2019), propone un plan de control microbiológico.

Desde el punto de vista de productividad, hay investigaciones en donde se ha buscado una mejora en líneas de producción en varios tipos de industrias, utilizando herramientas productivas para mejorar el desempeño y así obtener una reducción de los costos relacionados a la fabricación o elaboración del producto. Los estudios mencionados han logrado su objetivo, dándole una ventaja competitiva a la organización mejorando un proceso en particular, logrando reducir los costos asociados o los tiempos invertidos para tener mejoras en los índices de desempeño. Alessandro (2014) afirma en sus conclusiones de un proyecto de mejora de productividad en Línea de Montaje de Industria Automotriz, “La competitividad se puede alcanzar y mejorar siempre con la

mejora continua. El elemento fundamental para conseguirla es la productividad y el ejercicio de buscar siempre el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles" (p.55).

A pesar de que no se tienen casos de estudio relacionados a los temas específicos que se quieren abordar en esta investigación, si se tiene información de cómo en investigaciones se ha buscado implementar herramientas productivas en procesos industriales para buscar su mejora. También se han encontrado como investigaciones relacionadas a la mejora de procedimientos operacionales de limpieza y desinfección en diferentes industrias, entre ellas Álvarez, Sanz y Rodríguez (2016), mencionan como en ocasiones los resultados de un proceso de limpieza y desinfección son afectados por los tiempos limitados por producción, la rutina y la falta de una metodología precisa de la evaluación de los resultados de limpieza. Esta será una de las primeras en desarrollo en abordar el desarrollo de un procedimiento de limpieza usando herramientas productivas.

2. MARCO TEÓRICO

Dentro del estudio se tiene un enfoque primordial en tecnologías de producción de cerveza, así como herramientas de productividad. Este apartado recopila la base teórica del proceso de bebidas alcohólicas y herramientas de productividad, mismas que sirvieron de base para la realización del presente estudio.

2.1. Proceso de fermentación de bebidas alcohólicas

El proceso de fermentación es la operación por la cual se obtiene una bebida alcohólica. Ocurre como parte del proceso metabólico de la levadura, proceso mediante el cual el microorganismo usa varios componentes del mosto (carbohidratos que la levadura es capaz de consumir), para reproducirse y, a su vez formar componentes principales como:

- Etanol: constituyente alcohólico de una bebida fermentada. Aparte de etanol, se forman otros tipos de alcohólicos como alcoholes superiores (los cuales son negativos en el producto final).
- Dióxido de carbono: otro componente generado por la levadura en la fermentación. Este es recuperado para su reutilización posterior en procesos de fermentación u otros procesos.
- Otros subproductos secundarios (Hernández, 2003): estos productos son en su mayoría productos orgánicos como aldehídos, cetonas, entre otros.

Para una fermentación pueden utilizarse diferentes variaciones o cepas de levadura, las cuales darán un perfil diferente al producto. Las levaduras se

pueden clasificar entre levaduras de alta fermentación o baja fermentación. Dependiendo del tipo, será la forma en la que esta terminará luego del proceso, una levadura de alta fermentación flotará en la parte más alta del líquido, una levadura de baja fermentación por el otro lado sedimentará al fondo del volumen.

Los subproductos de la fermentación pueden ser muy variados, entre ellos se pueden mencionar componentes orgánicos tales como:

- Diacetilo
- Aldehídos
- Alcoholes superiores
- Esteres
- Compuestos de azufre
- Ácidos orgánicos

Estos componentes se generarán durante la fermentación principal y parte de ellos será degradado durante las reacciones de maduración (Kunze, 2006). Debido a esto se espera que el producto final tenga altos contenidos de azúcares no fermentadas, alcohol, levadura y todos los componentes mencionados anteriormente, al momento de enviar esa cerveza a su etapa posterior. Estos componentes también quedan en las superficies internas de los equipos utilizados y deben ser removidos por medio de procesos de limpieza.

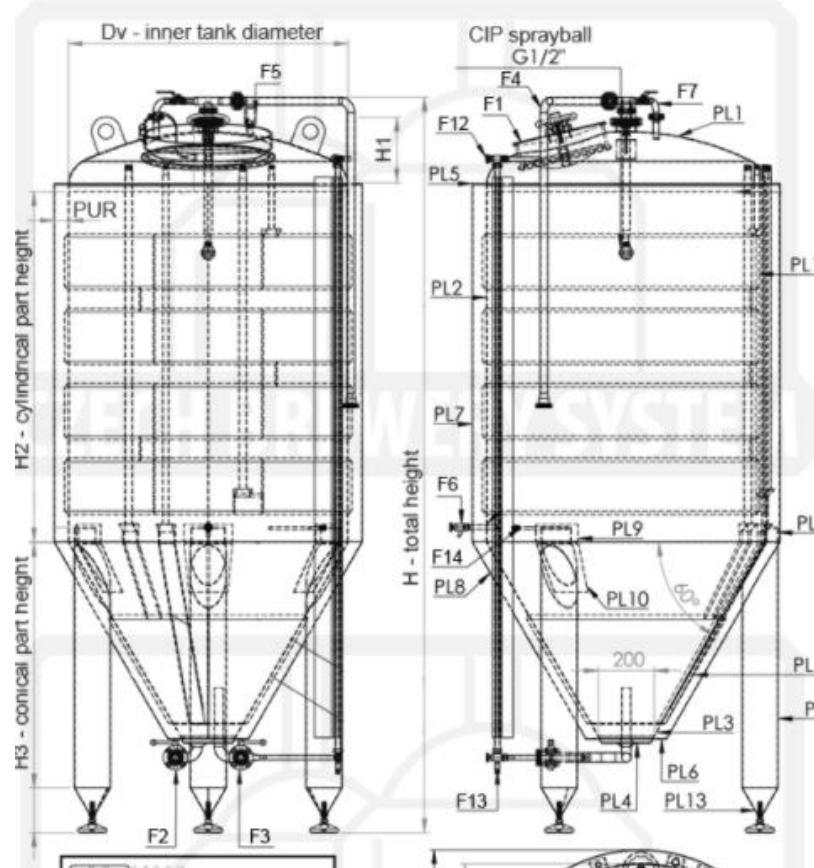
2.1.1. *Equipos utilizados durante la fermentación alcohólica*

Entre los equipos utilizados para la fermentación de bebidas alcohólicas se encuentran: el tanque fermentador, los tanques de almacenamiento de levadura y las tuberías de conexión del sistema.

2.1.1.1. Tanques fermentadores

Los procesos de fermentación de cerveza se dan por lo general en tanques cilíndricos cónicos, los cuales son tanques cilíndricos que pueden tener dimensiones variadas dependiendo de los requerimientos de la planta, sin embargo, sus componentes son siempre los mismos. Consisten en una parte inferior cónica, donde se realiza la inyección inicial de componentes (mosto y levadura), esta parte cónica tiene encima una parte cilíndrica que corresponde aproximadamente más del 90 % del volumen del tanque. Estos tanques cuentan con zonas de inyección de amoniaco para control de la temperatura además de recubrimiento para mantener la temperatura deseada. Tienen además un sistema de recuperación del CO² generado por la fermentación, este localizado en la parte superior del tanque (García, Quintero Et López 2004). Los tanques que se analizaran tienen un volumen neto de hasta 6000 HL.

Figura 1. Ejemplo de diseño de tanque de fermentación



Fuente: Beer tanks (2020). *Tanques de fermentación cilíndricos cónicos para la fermentación y maduración de cerveza.*

2.1.1.2. Tanques de almacenamiento de levadura.

Los tanques de almacenamiento de levadura son tanques intermedios utilizados para almacenar la levadura que se extrae luego del proceso de fermentación en un tanque. Está diseñado para mantener la levadura a bajas temperaturas (menor a 4°C), manteniendo la temperatura mediante la adición de un congelante en la chaqueta externa, y una presión interna saturada de CO² (de 0.4 bar). Estos tanques tienen capacidades variadas. Los que se analizarán tienen un volumen aproximado de 500 HL. Estos equipos son de vital importancia

en procesos de limpieza ya que en ellos es donde se almacena la levadura y de aquí se toma para su uso posterior.

2.1.1.3. Tuberías de conexión

Las tuberías de conexión son todas las tuberías interconectadas por las cuales se realiza el traslado de los diferentes componentes:

- Mosto
- Levadura
- Cerveza
- Soluciones de limpieza
- Aire

Por lo general se tiene una tubería para cada tipo componente o solución, así permitiendo tener una red de interconexión donde se pueden llevar a cabo diferentes tareas simultáneas. Como en todo proceso, dependiendo de los volúmenes que trasladarán, se eligen tuberías de diámetros adecuados, las cuales tendrán la capacidad suficiente para permitir los flujos y presiones indicadas.

2.1.2. Contaminación en la industria de bebidas fermentadas.

La contaminación en cualquier industria se define como la introducción de cualquier sustancia o elemento que pueda afectar los parámetros o características del producto, ya sea desde el punto de vista microbiológico, organoléptico, nutricional o fisicoquímico. En las industrias de alimentos y bebidas esto se controla de manera muy estricta ya que, al ser de consumo humano, debe garantizarse que no causará daños o efectos negativos sobre la

persona que lo ingiere. La contaminación en la industria de bebidas fermentadas puede clasificarse de acuerdo con su origen en:

- Contaminación física
- Contaminación química
- Contaminación biológica

Los diferentes tipos de contaminaciones deben ser tomadas en cuenta en un análisis de riesgos y luego manejadas, por medio de controles establecidos para asegurar que estos no lleguen al producto terminado. La inocuidad y seguridad de que estos elementos no llegarán al producto terminado dependen de este análisis de riesgo y la capacidad de los controles para evitar que estos elementos se pasen a etapas posteriores.

2.1.2.1. Contaminación física

La contaminación física se refiere a los elementos macros que puedan llegar al producto y que sea posible afecten al ser humano. Por macros se refiere a productos que pueden verse con el ojo humano. Son todos los elementos visibles al ojo humano. En este tipo de contaminación se puede poner como ejemplo:

- Granos de malta usados en el proceso de casa de cocimientos.
- Plásticos.
- Vidrios.
- Restos metálicos.
- Piedras.
- Cualquier otro elemento que pueda llegar al proceso.

Estos son controlados por medios filtrantes o de separación física.

2.1.2.2. Contaminación química

La contaminación química se refiere a todos los componentes químicos que puedan reaccionar de cualquier forma con algunos de los elementos que tiene la cerveza o trasladar algún componente que cambie su estructura molecular. Entre ellos se puede mencionar:

- Soluciones de limpieza externa.
- Soluciones de limpieza interna.
- Agentes químicos usados en el proceso, pero agregados en cantidades mayores a lo indicado originalmente por el proceso.
- Cualquier otra sustancia química que pueda llegar al producto.

Se controlan por medio de sistemas separados de productos y soluciones de limpieza, controles organolépticos y revisiones de parámetros químicos en varias etapas.

2.1.2.3. Contaminación biológica

La contaminación biológica se refiere a todos los agentes biológicos patógenos que pueden agregarse al producto, luego afectando al ser humano, transmitiendo y causando enfermedades. Entre la posible contaminación biológica que puede afectar los procesos en industrias de bebidas fermentadas se encuentran los siguientes:

- Bacterias generadas debido a deficiencias en limpiezas.

- Levaduras salvajes capaces de afectar en aspectos organolépticos de la cerveza.
- Hongos o esporas que puedan mantenerse en el producto.
- Otras contaminaciones que puedan formarse debido a la ausencia de desinfecciones y la permanencia de componentes orgánicos en el sistema por mucho tiempo.

Esta se monitorea y controla por medio de diversos procedimientos, verificaciones y restricciones de limpieza, implementados en los diferentes procesos.

2.1.3. Procesos de limpieza de equipos en industrias de bebidas fermentadas

Como se mencionó en secciones anteriores, dentro de un proceso interno de formulación de cerveza, el sistema se diseña para tener una tubería independiente para el paso de soluciones de limpieza hacia equipos y sistema de tubería. El proceso de limpieza actual consiste generalmente en los siguientes pasos:

- Paso de solución para remover sustancias orgánicas.
- Enjuague de agua.
- Paso de constituyente ácido para eliminar incrustaciones.
- Enjuague de agua.
- Paso de desinfectante para eliminar componentes microbiológicos.
- Enjuague de agua.

Este proceso de limpieza es generalizado para equipos de diferentes áreas de proceso en industrial de cerveza. Las condiciones que deben determinarse en una limpieza son las siguientes:

- Concentración: las concentraciones de las soluciones deben ser elegidas de acuerdo al grado de contaminación residual dentro de los equipos y las tuberías al finalizar las etapas de los procesos productivos. Por lo general se trabajan en concentraciones menores o iguales al 3 % v/v.
- Flujos: los flujos deben seleccionarse de tal forma de cumplir con las velocidades lineales dentro de las tuberías y para poder suministrar la suficiente presión en los equipos con tal de garantizar la limpieza.
- Temperaturas: en muchos procesos se elige el uso de soluciones a altas temperaturas para mejorar su efectividad de limpieza.
- Tiempos de contacto: la última variable a tomar en cuenta durante las limpiezas son los tiempos de contacto que se desea tener con las condiciones mencionadas anteriormente.

Las variables mencionadas anteriormente pueden variar, compensando la reducción de una con el aumento de otra, buscando el equilibrio ideal entre cada una de ellas para cumplir con las condiciones de limpieza necesarios.

Al usar las condiciones adecuadas de limpieza, se puede asegurar una limpieza continua y nivel de contaminación microbiológica en niveles aceptables. El agua debe cumplir también con los requerimientos de inocuidad necesarios para asegurar de que esta no impacte negativamente en las limpiezas, ya que es usada luego de cada paso de solución. Todos los requerimientos de limpieza, así como instalaciones correctas son necesarios para asegurar la inocuidad (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, 1999).

2.1.4. Formas en las que se mide el grado de limpieza en equipos

Las condiciones de limpieza en los equipos deben ser medidas y controladas para asegurar la inocuidad de cada equipo y tubería luego de su uso y limpieza (Collard, 1985). Estos procesos consisten en muestreo microbiológico de las últimas aguas de enjuague, así como muestreo del producto en proceso para detectar presencia de bacterias o levaduras salvajes que puedan afectar el proceso.

Entre los medios de cultivo utilizados para la detección de presencia de diferentes microorganismos se encuentra lo siguiente:

- Recuento aeróbico total en agua de último lavado.
- Análisis para presencia de levadura en agua de último lavado.
- Análisis para presencia de microorganismos en agua de último lavado.
- Análisis para presencia de levadura salvaje en producto en proceso.
- Análisis para presencia de bacterias en producto en proceso.

Estas mediciones en conjunto con un plan definido de muestreo a frecuencias determinadas son necesarias para llevar el control y seguimiento de los diferentes hallazgos. Se deben entonces tomar en cuenta los siguientes aspectos para realizar un correcto plan de muestreos:

- Punto de toma de muestra: el punto de toma de muestra debe elegirse adecuadamente, siendo representativo de la muestra que se toma. Debe limpiarse también con frecuencia para evitar hallazgos que se deban a la falta de limpieza de la toma muestras en sí y no del equipo.

- Capacitación del personal que toma la muestra: el personal que toma la muestra debe estar capacitado para la toma de muestra microbiológica, asegurando durante la toma de muestra y realización del análisis que la muestra no sea contaminada.
- Método o análisis para realizar la medición: el método, análisis y medio de cultivo en casos de análisis microbiológicos es necesario para asegurar que los resultados sean los adecuados para tomar decisiones en casos de hallazgos.
- Frecuencia de la toma de muestra: la frecuencia debe ser determinada al momento de realizar el plan, para asegurar una correcta consecución de datos y seguimiento del comportamiento.
- Tendencia general del comportamiento de los resultados: se debe dar un seguimiento a la tendencia general del comportamiento de los resultados microbiológicos. Esto es necesario para la toma de decisiones y aplicación de acciones correctivas necesarias.

2.1.5. Posibles problemas de contaminación en procesos de fermentación

Dentro de la metodología de limpieza, siempre existen niveles residuales de componentes orgánicos y levaduras que quedan dentro del sistema de producción. Se vuelve necesario entonces realizar una limpieza profunda con componentes activos más agresivos, mediante los cuales se pueda realizar una limpieza completa del sistema, obteniendo resultados microbiológicos en valores cercanos a 0.

2.1.6. Alternativas de soluciones de limpieza a usar: peróxido de hidrógeno

Como se mencionó en secciones anteriores la metodología de limpieza común, consiste en una limpieza con soluciones para eliminar constituyentes orgánicos, en las cuales por lo general se usa un constituyente alcalino como soda caustica, un constituyente ácido como ácido nítrico o fosfórico y un desinfectante. Sin embargo, dentro de la industria se realizan limpiezas especiales cuya frecuencia puede ser desde semestral hasta cada 2 años. Consisten en el uso de un agente reactivo que permita remover todas las trazas en las superficies internas que puedan haber quedado residuales dentro del sistema en uso incluso después de los procesos de limpieza normales. En varios casos se aconseja el uso de un agente a base de peróxido de hidrógeno. Este al mezclarse con la soda, genera una reacción exotérmica mediante la cual se hace una limpieza completa y total de la superficie que tenga en contacto. El proceso debe llevarse completamente dentro de equipos y tuberías, sin la necesidad de manipulación humana ya que la reacción puede causar daños al humano. Al finalizar la reacción y la remoción de los elementos biológicos, la solución puede desecharse normalmente al drenaje pudiendo tratarse como soluciones con materia orgánica.

2.1.7. Frecuencias de limpieza

Las frecuencias de limpieza son definidas por cada industria. Generalmente se realizan antes y después de finalizar cada lote de producción. Se debe asegurar que, durante el periodo de producción, las limpiezas realizadas deben mantenerse y asegurar la inocuidad de todas las herramientas, superficies o equipos que sean utilizados. En caso no se cumpla con esto durante producciones largas, se programan limpiezas intermedias que pueden ser

completas o parciales siempre y cuando cumplan con los requerimientos necesarios.

2.2. Productividad

La productividad es un concepto generalmente confundido con la eficiencia. El término de productividad puede ser usado para definir la relación entre la cantidad producida por el departamento, área o empresa y los recursos utilizados, que pueden ser: horas de trabajo, cantidad de dinero invertido o materia prima utilizada (Alfaro, Alfaro, 1999). El uso de indicadores de productividad es necesario como herramienta para llevar un control del desempeño actual y poder determinar mejoras por procedimientos nuevos, nueva tecnología, capacitación del personal o cualquier otra variable interna que se haya modificado y pueda impactar en este indicador.

2.2.1. Herramientas de productividad

Entre las herramientas de productividad que se utilizarán para evaluar el procedimiento se encuentran las siguientes:

2.2.1.1. Estudio de métodos

El estudio de métodos es una metodología de análisis y evaluación crítica de un procedimiento, con el fin de efectuar mejoras. El objetivo de esta metodología es la búsqueda de una mayor efectividad en la realización de actividades que involucren horas humanas para su ejecución.

Este análisis se divide en varias etapas, (Palacios, 2016):

- Definir el problema: en esta etapa se debe evaluar cuál es el proceso más crítico o costoso, buscando priorizar el análisis de procedimientos cuyo cambio en cuanto a reducción impactara más positivamente en una organización.
- Registrar por observación directa: en esta etapa se reúnen todos hechos relevantes del procedimiento.
- Examinar de forma crítica: en esta etapa se analiza la forma en la que se realiza el procedimiento, secuencia de hacer los pasos, equipo involucrado, tiempos y movimiento del personal.
- Establecer el método: de acuerdo con el análisis del punto anterior se debe establecer un nuevo método, con las propuestas de cambio evaluadas, tomando en cuenta el criterio del personal involucrado.
- Evaluar opciones: en esta etapa se evalúa el método alternativo, y se realizan comparaciones en cuanto a costos, tiempos perdidos, equipos utilizados, entre otros. El método propuesto será elegido solo si mejora condiciones con respecto al anterior.
- Definir el nuevo método: el método seleccionado debe presentarse y evaluarse por el personal encargado, determinar si existe algún factor que no fue tomado en cuenta.
- Implantar el nuevo método: en esta etapa se debe implementar el nuevo método, usándolo cada vez que sea requerido.
- Controlar: se debe controlar el uso del nuevo método, que sea tal como se había evaluado y evitar el regresar al método anterior.

2.2.1.2. Medición del trabajo

De acuerdo con Caso (2006, p.33) “la medida del trabajo sirve para investigar, reducir y eliminar, si es posible, el tiempo improductivo, que es aquel en el que no se realiza trabajo productivo alguno, sea cual sea la causa. Una vez

conocido este tiempo improductivo, se pueden tomar medidas para eliminarlo a lo menos minimizarlo”.

Figura 2. Mejoras en productividad debido al estudio de métodos y medición del trabajo



Fuente: Caso (2006). *Técnicas de Medición del Trabajo*.

2.2.1.3. Método de 5S

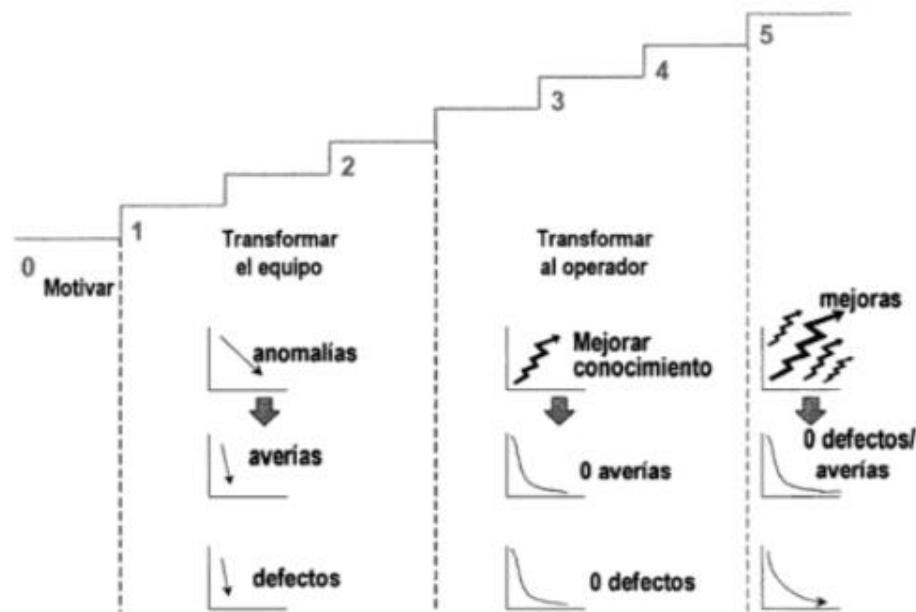
El método de 5S es una metodología japonesa dirigida a mejorar la productividad de un área o proceso por medio del orden y limpieza. Es un proceso continuo de ejecución, evaluación, control, análisis y repetición. El método de las 5S debe verse como un programa a implementarse en plantas, que requiere no solo un monitoreo continuo, sino también el involucramiento de todos los niveles para lograrlo. La metodología se compone en los siguientes pasos, esto concuerda a Rey (2005):

- *Seiri*, Organizar y seleccionar. Es la primera etapa y consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios, sean estos materiales de producción, limpieza o de envasado. Los materiales innecesarios deben ser entonces clasificados luego de su separación. Esta etapa debe permitir el trabajar en los procesos establecidos sin sobresaltos o dificultades. Se deben realizar planes para mantener el nivel de organización conseguido durante esta etapa.
- *Seiton*, Ordenar. En esta etapa debe buscarse desechar o tirar lo clasificado como inservible, y determinar la correcta ubicación para los materiales que se vuelven necesarios en cada etapa del proceso, buscando puntos que sean de fácil acceso dependiendo de la tarea. Se deben realizar normas de acuerdo a este nuevo orden y deben colocarse a la vista de los involucrados en los diferentes procesos.
- *Seiso*, Limpiar. En esta etapa se debe realizar una limpieza del área, capacitando a los colaboradores involucrados el procedimiento correcto, así como determinar las fuentes de contaminación en los diferentes puntos. La limpieza se debe realizar continuamente manteniendo siempre el área de acuerdo a los estándares establecidos. Nuevos cambios deberían entonces de implicar una nueva investigación de posibles focos de contaminación.
- *Seiketsu*, Mantener la limpieza. En esta parte se deben establecer controles los cuales permitirán mantener la limpieza en los niveles de los estándares establecidos. Debe poderse distinguir una situación normal de una anormal, mediante indicaciones simples y accesibles para todo el personal.
- *Shitsuke*, Rigor en la aplicación de consignas y tareas. Esta etapa consiste en generar una auto inspección de manera frecuente, revisando el cumplimiento de la situación actual con los estándares establecidos. Esto

permite llevar al personal a una situación continua de autonomía y disciplina.

Las primeras 3 etapas son a nivel operativo. La cuarta etapa permite mantener las condiciones alcanzadas en las 3 etapas anteriores. La quinta etapa permite mantener un proceso de evaluación continuo y generar el hábito en las personas.

Figura 3. **Efecto de la implementación de una metodología 5S**



Fuente: Rey (2005). *Las 5s. Orden y limpieza en el puesto de trabajo.*

De acuerdo con Rey, el método de las 5S tal como se definió anteriormente, debe repetirse al menos 4 veces, en las etapas:

- Limpieza inicial: consiste en seguir y lograr una implementación inicial, llegando a los estándares elegidos, estableciendo controles y haciendo cultura en el personal para que continúe con este proceso.

- Optimización: en esta etapa de repetición de los pasos, se debe ser más riguroso, mejorando la orden, limpieza, categorización, estandarización y autoevaluación a un grado mayor. Se debe buscar de qué forma se puede mejorar en todas las actividades de monitoreo, supervisión y controles necesarios.
- Formalización: esta etapa consiste en dejar establecido de forma permanente los procedimientos, normas, controles y sistemas que se mejoraron en el proceso anterior. Debido a que se debieron de mejorar varias etapas, en esta se deben dejar establecidos la nueva versión de los documentos realizados.
- Garantizar la continuidad del proceso de manera permanente: esta etapa consiste en asegurar la continuidad del proceso a pesar de que existan cambios de personal. Se deben establecer programas de capacitación, debe impulsarse la completa autonomía y disciplina de parte del personal.

Figura 4. **Programa de las 5S**

	1	2	3	4
Organización y selección	Limpieza inicial	Optimización	Formalización	Continuidad
Orden	Separar lo que sirve de lo que no sirve	Clasificar lo que sirve	Implantar normas de orden en el puesto	Estabilizar y mantener lo alcanzado en las etapas anteriores
Limpieza	Tirar lo que no sirve	Definir la manera de dar un orden a los objetos	Colocar a la vista las normas así definidas	Practicar la mejora
Mantener la limpieza	Limpiar las instalaciones/ máquinas/ equipos	Identificar focos de suciedad y localizar los lugares difíciles de limpiar y buscar una solución	Buscar las causas de suciedad y poner remedio para evitarlas	Cuidar el nivel de referencia alcanzado
Rigor en la aplicación	Eliminar todo lo que no sea higiénico	Determinar las zonas sucias	Implantar y aplicar las gamas de limpieza	Evaluar (Auditoría 5S)
	Acostumbrarse a aplicar la 5S en el seno del puesto de trabajo y respetar los procedimientos en vigor en el lugar de trabajo			Hacia el taller/oficina ideal

Fuente: Rey (2005). *Las 5s. Orden y limpieza en el puesto de trabajo.*

2.2.1.4. **Manufactura Esbelta**

Son un conjunto de herramientas y procedimientos que tienen como objetivo el eliminar todas las etapas operativas que no le agregan valor a un producto, servicio y/o proceso, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere, (Cabrera, 2014). Reducción de desperdicios, mejora de operaciones, mantenimiento de buenas condiciones laborales. Esta metodología fue creada en Japón por los pioneros en la generación del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, entre otros.

Los principales objetivos de la metodología de Manufactura Esvelta son el establecer una cultura de mejora continua que le permita a las organizaciones enfocarse en reducción de costos, desarrollo de los procesos y reducción de desperdicios para mejorar sistemas de gestión de calidad, así como mantener los márgenes de ganancia. La manufactura Esvelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige cada vez una calidad más alta, entregas más rápidas, a menor precio y en la cantidad adecuada. Entre las herramientas de la manufactura esbelta se encuentran las siguientes:

- Entrenamiento continuo: la educación y capacitación son de los instrumentos más importantes para la manufactura esbelta. Este es un proceso sin fin, donde los involucrados deben aprender los principios fundamentales y continuar con una capacitación constante.
- Metodología 5S: mencionada en la sección 7.2.1.3., es uno de los cimientos principales de las herramientas que componen la manufactura esbelta. Consiste en la aplicación de 5 etapas o principios en búsqueda del orden, organización y limpieza en un área de trabajo.
- Multi habilidad o versatilidad de los trabajadores: este programa se logra a través de la rotación de personal a cierta frecuencia establecida, permitiendo a los trabajadores el conocer y acoplarse a diferentes procesos. Esto da la libertad de administrar al personal, asignando con libertad a cada colaborador al área que se considere necesaria.
- Kanban: el origen de la palabra es japonés y significa tarjeta de instrucción. Es un documento de orden que da un comando hacia un área o departamento. Puede ser por ejemplo una orden de producción, orden de mantenimiento u orden de solicitud de materiales. Permite hacer un proceso sistemáticamente mediante órdenes simples y específicas.

- Mapa de cadena de valor: el mapa de la cadena de valor es una herramienta que permite al usuario identificar el proceso por medio de un diagrama, indicando los procesos que agregan valor en él, así como los desperdicios de tiempo en las diferentes etapas. Esta herramienta visual permite con mayor facilidad la comunicación entre el operador y administrador para la toma de decisiones respecto al proceso.
- Cuellos de botella: los cuellos de botella son secciones o partes de un proceso, que tienen menor capacidad con respecto al resto del proceso, causando una acumulación de producto en esta etapa. Es esencial el detectar estos cuellos de botella para buscar formas de aumentar la capacidad en este punto y así aumentar la capacidad del proceso en general.
- SMED: esta herramienta consiste en separar un proceso de mantenimiento en una serie de pasos simples, a los cuales se les asigna un tiempo no mayor a 10 minutos. Este proceso es especialmente importante en operaciones de mantenimiento que involucran una serie compleja de cambio de piezas. Mediante la separación es posible asignar personal y tener listas las herramientas necesarias para realizarlo en menores tiempos.
- Poka Yoke: es una técnica de calidad utilizada con el fin de adaptar un equipo o procedimiento de tal forma que se evite el cometer errores al realizarlo. Esto se puede lograr identificando y señalizando las etapas necesarias para asegurarse que quien realice o utilice el procedimiento o equipo lo haga de la forma correcta.
- JIT: esta herramienta es utilizada con ámbitos logísticos, usada para reducir los almacenamientos en bodegas y reduciendo tiempos de entrega. Consiste en la realización de pedidos de materias primas, material de empaque o materiales de limpieza para que su llegada al punto de consumo, se dé justo en el momento que se vaya a iniciar su uso.

- Sistema Heijunka: es una herramienta que permite separación del programa productivo, asignándole volúmenes, productos disponibles a un cierto tiempo. Esta herramienta crea un proceso parecido a la producción por lotes, en la cual cada una tiene una asignación de recursos a utilizar. Esto permite también la flexibilidad de una línea productiva.
- Trabajo estandarizado: es una herramienta que permite el aprovechamiento de las horas productivas de los trabajadores, llevando un control de los tiempos que lleva cada operación, con el fin de administrar mejor el tiempo de cada colaborador. También permite un control en los tiempos de cada procedimiento u operación.
- Layout Células: esta herramienta permite el separar las diferentes etapas o unidades productivas en células, dentro de una cadena de un proceso. Esta separación dentro de un mismo espacio físico por lo general se distribuye en forma de U para facilitar la supervisión por una sola persona.
- Administración de proveedores: parte de forma de trabajo derivado de la gerencia de la cadena de suministro. Consiste en llevar un control sobre cada proveedor evaluando cada una de sus características de cumplimiento. Esta gestión también incluye el tener proveedores secundarios para cada materia prima que es vital para el proceso.
- Jidoka y Andon: esta herramienta o método de trabajo consiste en asignarle a las diferentes etapas de un proceso, las herramientas generales de control de calidad, para tener un control sobre sus propios parámetros sino tener la autonomía para corregir variables del proceso para corregir los parámetros fuera de norma.
- Resistencia al cambio: esta última herramienta o filosofía tiene como objetivo el atacar a los componentes de comportamientos responsables de la resistencia al cambio, factor que influye en todos los colaboradores al asignar algún cambio o modificación del proceso o las normas tal como las conocen.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Se detalla en esta sección la metodología utilizada para llegar a los resultados del estudio. Esta sección se divide en metodología, unidades de análisis y técnicas de análisis de datos.

3.1. Metodología

- Fase 1: se definieron las condiciones actuales del proceso, detallando tiempos de limpieza actuales y resultados de los análisis microbiológicos del procedimiento. Para la definición de las condiciones actuales se realizó un diagrama de flujo de proceso, colocando cada una de las etapas del mismo, se realizó también una revisión de los equipos actuales, una medición de tiempos total y por etapas del procedimiento de limpieza, para esto se utilizó un cronómetro para la medición de tiempos. Para esta medición se tomó un total de 68 mediciones. Se desarrolló el nuevo procedimiento, tomando en cuenta las condiciones actuales y requerimientos indicados por el proveedor. Se adaptó el proceso actual, al uso del nuevo producto de limpieza; se realizó un nuevo diagrama de flujo de proceso con este nuevo procedimiento. Todo esto requirió revisiones en sitio y análisis para determinar de qué forma se debía adaptar el proceso actual. Se realizaron nuevamente mediciones de tiempos de este procedimiento. Para esta medición se tomó un total de 34 mediciones.
- Fase 2: se utilizaron herramientas de productividad para ajustar el procedimiento. Se inició con un estudio de métodos para evaluar el nuevo procedimiento y determinar pasos innecesarios o improductivos. Mediante

el acompañamiento y revisión de las limpiezas realizadas en cada tubería y equipo, se determinaron los pasos que podían eliminarse o hacerse en simultáneo para una reducción de tiempo. Para evaluar los resultados nuevamente se realizó una medición de tiempos, esta vez obteniendo 10 resultados. Se continuó con medición del trabajo, en donde se tenía como objetivo el reducir los tiempos muertos entre cada paso o etapa. Se buscaron formas de reducir estos tiempos, apoyándose con el departamento de mantenimiento mecánico. Los resultados también fueron evaluados en una medición de tiempos. Por último, se realizó un análisis por la metodología 5S, buscando adaptar e implementar cada etapa a este nuevo procedimiento, esto para que este nuevo procedimiento de limpieza se alineará a los demás, que ya cumplían con esta metodología. Los resultados de esta implementación se detallan en la sección de resultados.

- Fase 3: se realizó un análisis de costo del nuevo proceso, incluyendo los costos de las materias primas, costos de mano de obra y costos indirectos. Se determinó que no se requiere una inversión mayor en forma de algún tanque, ya que el costo principal correspondía a la compra del nuevo producto. Al tener el costo total por limpieza, se calculó el beneficio que se tiene debido a la reducción de tiempos de limpieza y aprovechamiento en programas de producción. Con estos resultados se calculó la relación beneficio costo. Todos los datos de costos se obtuvieron a partir del consolidado en el sistema SAP.
- Fase 4: se implementó el nuevo procedimiento de limpieza, solicitando un análisis microbiológico en cada uno de las limpiezas CIP realizadas. Los resultados de los análisis fueron consolidados y evaluados mediante una prueba de hipótesis para determinar que el nuevo procedimiento tenía resultados menores al procedimiento anterior.

3.2. Unidades de análisis

Dentro del estudio se analizaron 44 elementos: 34 tanques de proceso con capacidad de 6000 HL, 6 tanques de almacenamiento de levadura de 100 – 400 HL y 4 redes de tuberías (cada una independiente de la otra).

3.3. Técnicas de análisis de información

Para este estudio se utilizaron herramientas de estadística descriptiva: se calcularon promedios de tiempos, además de tiempos muertos de acuerdo con el método de medición del trabajo y estudio de métodos. Esto aplicó tanto para el procedimiento actual, como para el procedimiento con el nuevo producto. Adicionalmente se utilizó el cálculo de la media y desviación estándar para el análisis de los resultados microbiológicos del procedimiento de limpieza usado y para la verificación de los resultados con el nuevo procedimiento.

Los resultados de tiempos de los procedimientos realizados y los tiempos muertos fueron tomados por medio de cronómetros del sistema automático del proceso del área. Estas fueron registradas en una hoja de Excel donde se realizarán los cálculos correspondientes. Los resultados microbiológicos reportados fueron también registrados en una hoja de Excel para su análisis.

- Media: se realizó un cálculo de la media de los tiempos que toma el procedimiento actual, así como de la media de las iteraciones del procedimiento con el nuevo producto, para evaluar el tiempo reducido mediante la implementación de las herramientas productivas. Se realizó un cálculo también de la media de los resultados microbiológicos del procedimiento anterior y el nuevo procedimiento para determinar la reducción en los hallazgos microbiológicos.

- Prueba de hipótesis de medias: con este análisis se realiza una comparación entre la media de la población (condición actual de limpieza) y la media muestral (resultados del nuevo procedimiento). Adicional se utilizó el dato de la desviación estándar de la población. Se establecieron las hipótesis nula y alternativa y se realizó el cálculo de Z_c para aceptación o rechazo de hipótesis, mediante un análisis de grados de libertad de acuerdo a la cantidad de número de datos, menos 1, para esto también se eligió un nivel de significancia del análisis. Por último, se calculó el Z_c de la unidad de muestra, para identificar si este se encontraba dentro de la zona de rechazo o aceptación.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El estudio actual tiene como objetivo el implementar un nuevo procedimiento de limpieza bajo el marco de herramientas de productividad, realizando un análisis económico y de eficacia del mismo. Para esto se procedió a desarrollar e implementar el nuevo procedimiento con el nuevo producto de limpieza. Se realizó una investigación de la situación actual, así como el desarrollo del nuevo procedimiento a implementarse. A partir de esto se realizaron los ajustes necesarios mediante las herramientas productivas de estudio de métodos, medición del trabajo y 5S. Luego se procedió a realizar un análisis de costo de implementación y relación beneficio costo. Por último, se hizo un análisis de hipótesis para determinar si la implementación del producto causa una reducción en los resultados microbiológicos con respecto al procedimiento normal.

4.1. Desarrollo del nuevo procedimiento

Se diseñó la implementación del nuevo procedimiento de limpieza, partiendo de la situación actual y adaptándolo los tanques y equipos disponibles.

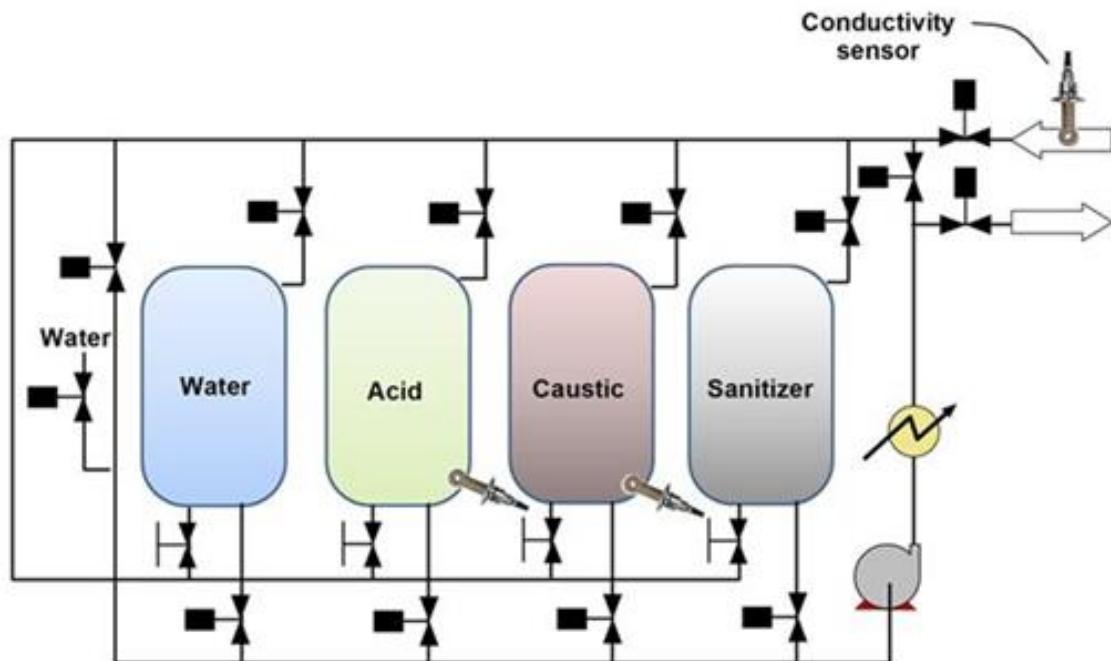
4.1.1. Descripción de situación actual

Actualmente la limpieza CIP se maneja con 3 soluciones: soda cáustica, un constituyente ácido y por último una solución desinfectante. Se realizó una evaluación en sitio del procedimiento actual y de los equipos utilizados.

Para el proceso actual se tienen los siguientes tanques y equipos:

- Tanque de agua para enjuagues.
- Tanque de soda concentrada para paso inicial.
- Tanque de soda principal con medidor de conductividad.
- Tanque de ácido con medidor de conductividad.
- Tanque de desinfectante con medidor de concentración.
- Bomba principal de suministro.

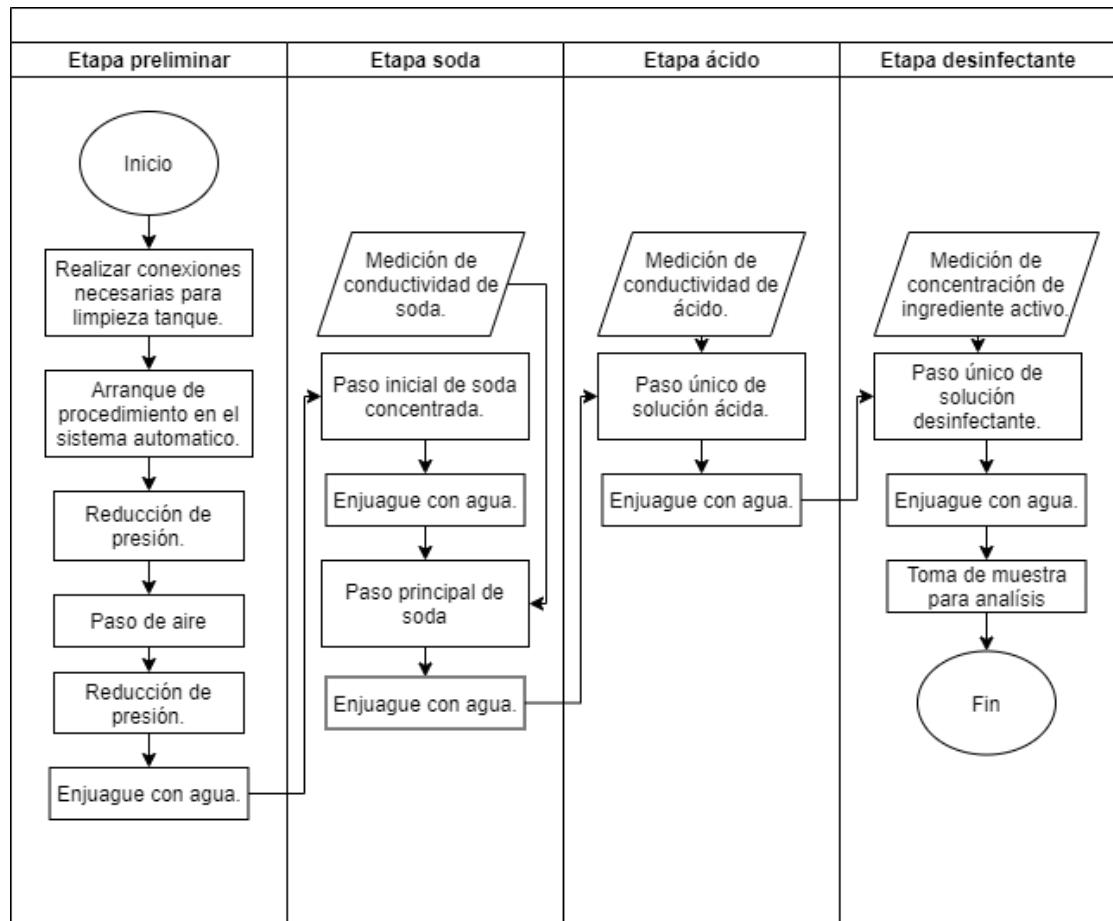
Figura 5. **Ejemplo de distribución actual de tanques y equipos**



Fuente: elaboración propia mediante Microsoft Word (2021).

De acuerdo a la información disponible, se diagramó el proceso de limpieza actual, que se muestra en la siguiente figura.

Figura 6. **Diagrama de flujo del procedimiento de limpieza actual**



Fuente: elaboración propia mediante Drawio (2021).

4.1.2. Descripción de cambios propuestos

El uso del nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno generó cambios en el sistema actual. La etapa preliminar en el proceso de limpieza permaneció igual, ya que la reducción de presión y paso de aire siguieron siendo necesarios. El primer cambio se generó a partir de la etapa de soda, en donde ya no se hizo un paso inicial de soda concentrada ni un paso de soda principal. Esta etapa fue reemplazada por un pretratamiento que se hizo con el nuevo

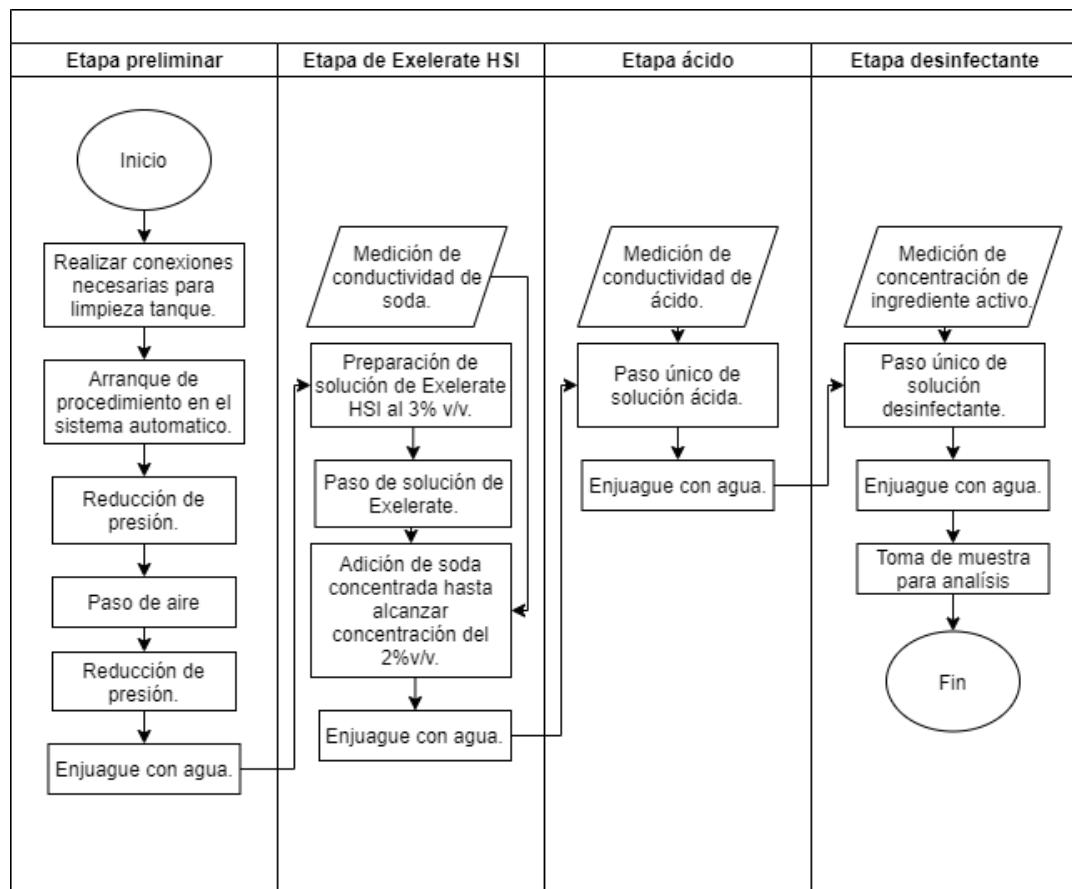
producto a base de peróxido de hidrógeno al 3% de concentración v/v. Luego se adiciona soda concentrada hasta alcanzar una concentración del 2 % concentración v/v de soda. Los pasos del constituyente ácido y desinfectante se mantuvieron de la misma forma, con cambios únicamente en los tiempos y concentraciones de cada solución. Adicionalmente la etapa final de toma de muestra para análisis microbiológico se mantuvo para evaluar el comportamiento de los resultados microbiológicos.

4.1.3. Adaptación del proceso al uso del nuevo producto

Se adaptaron los tanques y equipos disponibles del proceso actual, para usarlos para el nuevo producto de limpieza. Para esto se dispusieron de la siguiente forma los tanques y equipos (mencionados en el apartado 4.1.1):

- Tanque de agua para enjuagues.
- Tanque para preparación de la solución del nuevo producto de limpieza a 3 % de concentración v/v
- Tanque de soda principal, para preparación de solución al 2 % de concentración v/v, con medidor de conductividad.
- Tanque de ácido con medidor de conductividad.
- Tanque de desinfectante con medidor de concentración.
- Bomba principal de suministro.

Figura 7. **Diagrama de flujo del procedimiento de limpieza modificado**



Fuente: elaboración propia, mediante Drawio (2021).

4.2. Aplicación de herramientas de productividad para adaptar el nuevo procedimiento

Se usaron las herramientas de medición del trabajo, estudio de métodos y 5S para ajustar el nuevo procedimiento y eliminar los tiempos muertos o improductivos, cambiar las etapas del método que se considerarán ineficientes y para que la nueva distribución mantuviera una serie de pasos ordenada y limpia la cual garantizará la continuidad del procedimiento productivo.

4.2.1. Estudio de métodos

Se realizaron mediciones de los tiempos de cada etapa del proceso, se calculó la media de estos datos la cual es colocada en la siguiente tabla.

Tabla III. **Media de la medición de tiempos en el proceso de limpieza normal, sin el nuevo producto de limpieza**

Forma	Paso	Tiempo (min)
Manual	Orden de inicio	10
	Conexiones y refuerzo	60
	Preparación	15
	Arranque del programa	5
	Preparación	15
Automático	Reducción de presión	45
	Paso de aire	120
	Reducción de presión	45
	Enjuague con agua	18
	Soda recuperada	43
	Enjuague con agua	23
	Paso de soda	45
	Enjuague con agua	22
	Paso de ácido	45
	Enjuague con agua	18
	Paso de desinfectante	60
	Enjuague con agua	18
	Tiempo total	597

Fuente: elaboración propia.

Con la información de la tabla III, es importante remarcar que los pasos automáticos en su mayoría están encadenados a una programación automática, además de un solo sistema físico, por lo que no es posible la reducción de

tiempos o la realización de procesos simultáneos. Se realizó entonces la adaptación al proceso con el nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno, se realizaron pruebas, mediciones de tiempos y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla IV. Media de la medición de tiempos en el proceso de limpieza con el uso del nuevo producto de limpieza

Forma	Paso	Tiempo (min)
Manual	Orden de inicio	10
	Conexiones y refuerzo	60
	Preparación	15
	Arranque del programa	5
	Preparación	15
Automático	Reducción de presión	45
	Paso de aire	120
	Reducción de presión	45
	Enjuague con agua	18
	Preparación de solución de nuevo producto	45
	Paso de solución del nuevo producto	30
	Paso del nuevo producto y soda	50
	Enjuague con agua	22
	Paso de ácido	30
	Enjuague con agua	18
	Paso de desinfectante	20
	Enjuague con agua	18
	Tiempo total	556

Fuente: elaboración propia.

Es importante notar que solamente con la adaptación al nuevo procedimiento, ya se tenía una reducción de tiempo con respecto al procedimiento normal, debido a la disminución que se realiza en los pasos ácidos y de desinfectante. A partir de esto se procedió a seguir los pasos en el análisis

de métodos, para evaluar modificaciones al método que permitieran la reducción de pasos no necesarios o de tiempos en algún paso; se tuvo un principal enfoque en los pasos que requerían paso manual, así como en los pasos en automático que permitieran poder adelantar o hacer procesos simultáneos.

Tabla V. Media de tiempos en el proceso de limpieza, con modificaciones mediante estudio de métodos

Forma	Paso	Tiempo (min)
Manual	Orden de inicio	10
	Conexiones y refuerzo	15
	Preparación	15
	Arranque del programa	5
	Preparación	15
	Reducción de presión	0
Automático	Paso de aire	120
	Reducción de presión	45
	Enjuague con agua	18
	Preparación de solución de nuevo producto	20
	Paso de solución del nuevo producto	30
	Paso del nuevo producto y soda	50
	Enjuague con agua	22
	Paso de ácido	30
	Enjuague con agua	18
	Paso de desinfectante	20
	Enjuague con agua	18
	Tiempo total	451

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una reducción en los tiempos de los pasos manuales del proceso de limpieza mencionados a continuación:

- Conexión y refuerzo: por medio del adelanto de los refuerzos y conexiones necesarias, los cuales pueden realizarse en simultáneo con otros procesos. Para las conexiones se solicitaron varias adaptaciones tipo codos y mangueras para limpieza, para poder hacer más de una conexión al mismo tiempo. El refuerzo de solución para llegar a la concentración necesaria también se realiza en simultáneo durante los pasos de enjuague con agua, con el fin de tenerlo listo antes del arranque de la siguiente limpieza.
- Se cambió de hacer la reducción de presión en automático, a realizarlo de forma manual, logrando con esto poder hacer el proceso en simultáneo con otros.
- Se modificó el paso de preparación de la solución, colocando una estación de trasiego de solución al lado del sistema de limpieza, con una manguera y bomba fija. Con esto se redujo el tiempo que tomaba la preparación, dosificación y mezcla de la solución.

La reducción total de tiempo lograda con el estudio de métodos fue de 146 minutos, con una reducción porcentual del 24.5 % con relación al proceso normal, sin el nuevo producto de limpieza.

4.2.2. Medición del trabajo

De acuerdo al procedimiento nuevo de limpieza colocado en el diagrama y a la evaluación de tiempos resumido en las tablas anteriores, se logran identificar tiempos muertos o improductivos en los pasos manuales, antes del

inicio de pasos necesarios. Se identificaron los mismos para trabajar en ellos y en la reducción o eliminación de los mismos.

Tabla VI. Media de tiempos en el proceso de limpieza identificando tiempos muertos entre pasos

Forma	Paso	Tiempo (min)
Manual	Tiempo muerto	10
	Conexiones y refuerzo	15
	Tiempo muerto	15
	Arranque del programa	5
	Tiempo muerto	15
	Reducción de presión	0
Automático	Paso de aire	120
	Reducción de presión	45
	Enjuague con agua	18
	Preparación de solución de nuevo producto	20
	Paso de solución del nuevo producto	30
	Paso del nuevo producto y soda	50
	Enjuague con agua	22
	Paso de ácido	30
	Enjuague con agua	18
	Paso de desinfectante	20
	Enjuague con agua	18
	Tiempo total	451

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que existen tiempos muertos al tener el tanque disponible para limpieza:

- Antes de realizar las conexiones y refuerzo.
- Antes de arrancar el programa.
- Antes de iniciar el paso de reducción de presión.

Estos tiempos muertos suceden por varias causas:

- Realización de otras tareas, las cuales no les permiten estar atentos del momento específico para iniciar estas tareas.
- Tiempo improductivo debido al paso de ir a traer las conexiones y herramientas disponibles.
- Tener personal disponible pero no percibirse de que ya se puede iniciar con las preparaciones.
- No tener las conexiones disponibles debido a que se están usando en otro tanque.

Se realizaron las siguientes acciones para reducir los tiempos muertos e improductivos:

- Colocación de alarma en el programa para avisar de la finalización de un paso y la disponibilidad del equipo para otro paso.
- Solicitud a mantenimiento mecánico conexiones adicionales para poder armar al menos 2 tanques al mismo tiempo.
- Colocación un recipiente de codos y conexiones más cerca del punto de uso, para reducir el tiempo de ir a traer estos equipos.

Con esto se obtuvo una reducción en los tiempos muertos o improductivos, obteniendo los siguientes resultados de la media de 10 mediciones adicionales:

Tabla VII. Media de tiempos en el proceso de limpieza, con tiempos muertos, luego de las modificaciones realizadas

Forma	Paso	Tiempo (min)
Manual	Tiempo muerto	3
	Conexiones y refuerzo	15
	Tiempo muerto	2
	Arranque del programa	5
	Tiempo muerto	5
	Reducción de presión	0
Automático	Paso de aire	120
	Reducción de presión	45
	Enjuague con agua	18
	Preparación de solución de nuevo producto	20
	Paso de solución del nuevo producto	30
	Paso del nuevo producto y soda	50
	Enjuague con agua	22
	Paso de ácido	30
	Enjuague con agua	18
	Paso de desinfectante	20
	Enjuague con agua	18
	Tiempo total	421

Fuente: elaboración propia.

Se obtuvo una reducción de 30 minutos en los tiempos muertos e improductivos, también impactando el tiempo total del procedimiento, con una reducción porcentual de 6.65% con respecto al resultado luego del estudio de métodos.

4.2.3. Método de 5S

Se aplicó el método de 5S para los cambios resultantes del nuevo procedimiento de limpieza. Dentro de los cambios aplicados se resaltan los siguientes:

- *Seiri*, Organizar y seleccionar.
 - Identificación de materiales necesarios:
 - Bomba auxiliar.
 - Mangueras de conexión de tonel a bomba.
 - Manguera de conexión de bomba a tanque de preparación de solución.
 - Tonel de 200 litros del producto de limpieza a base de peróxido de hidrógeno.
 - Llave o herramienta para ajustar conexiones.
 - Tarima anti derrame y hoja de seguridad del producto.
 - Identificación de materiales innecesarios:
 - Mangueras adicionales.
 - Toneles vacíos luego de uso.
 - Herramientas adicionales.
 - Material de embalaje.
 - Tarimas sin utilizar.
- *Seiton*, Ordenar.
 - Se delimitó un área de desechos para las tarimas que ya no se iban a utilizar, así como los toneles que se regresaría a bodega.
 - Se señalizó la localización de la bomba auxiliar, así como colocar de forma ordenada las mangueras a utilizar.

- Se señalizó la ubicación de la tarima antiderrame donde deben colocarse los toneles de Exelerate HSI.
- *Seiso*, Limpiar.
 - Se modificaron procedimientos de limpieza colocando los pasos específicos de limpieza del área, materiales de limpieza a utilizar y equipo de protección personal.
- *Seiketsu*, Mantener la limpieza.
 - Se modificaron procedimientos de limpieza, especificaciones y registros para realizar limpiezas de esta área a una frecuencia establecida.
- *Shitsuke*, Rigor en la aplicación de consignas y tareas.
 - Se implementaron auditorias de control visual con frecuencia mensual para controlar el aspecto de orden y limpieza.
 - Se implementaron auditorías operativas para calificar limpieza de áreas por parte del personal operativo.

4.3. Análisis de costos y relación beneficio costo

Se realizó un análisis económico del costo del nuevo procedimiento y una relación beneficio costo, con los costos de implementación y los beneficios que se pueden obtener en reducción de tiempos de limpieza y en el mantener los resultados microbiológicos en valores mínimos.

4.3.1. Análisis de costo de implementación

Se realizó un análisis económico de los costos relacionados a la implementación del proceso, realizando una clasificación en costos de materia prima, costos de mano de obra y costos indirectos.

Tabla VIII. Análisis de costo de nuevo procedimiento de limpieza para un tanque

Costos de materia prima	Dimensional	Total
Producto nuevo de limpieza	Galón	Q5,880.00
Soda	Kg	Q38.90
Constituyente ácido	Galón	Q731.80
Desinfectante	Galón	Q0.00
Agua	m3	Q452.20

Costos de mano de Obra		
Horas del personal	Hora	Q0.00

Costos indirectos de fabricación		
Energía eléctrica	Kw/h	Q220.42
Bomba a usar	Unidad	Q900.00
Horas de personal mantenimiento	Hora	Q0.00
Total		Q8,223.32

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII se pueden observar la clasificación y detalle de cada uno de los costos relacionados al nuevo procedimiento. Este procedimiento tiene un costo total por tanque de Q8,223.32.

4.3.2. Relación beneficio costo

Se realizó una relación beneficio costo con los costos calculados por la implementación del procedimiento y los beneficios que se obtendrían por el tiempo reducido de limpiezas y la disponibilidad de ese tiempo para la producción.

Tabla IX. **Relación beneficio costo**

		Dimensional	Total
Costo	Costo total por tanque		Q8,223.32
Beneficio	Reducción de horas	Hora	Q46,152.33
	Relación beneficio costo		5.61

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de la relación da un valor de 5.61, mostrando un beneficio 5.61 veces mayor al del costo total del procedimiento. Esto es debido a los 176 minutos reducidos, por el nuevo procedimiento, así como el estudio de métodos, medición del trabajo y el método de 5S.

4.4. Verificación de reducción de resultados microbiológicos con el nuevo procedimiento

Para determinar si el nuevo procedimiento de limpieza con el nuevo producto proporciona resultados microbiológicos más bajos que el procedimiento normal, se realiza un planteamiento de hipótesis y un análisis estadístico. Para esto se determinó la hipótesis nula y alternativa:

H_0 = El nuevo procedimiento de limpieza proporciona resultados microbiológicos menores a los del procedimiento normal.

H_1 = El nuevo procedimiento de limpieza proporciona resultados microbiológicos iguales o mayores al procedimiento normal.

Con el conjunto de datos de una muestra de 31 datos y el valor del promedio poblacional se hace un análisis estadístico:

- Promedio poblacional = 1.41
- Promedio muestral = 0.84

- Desviación estándar de la muestra = 1.66
- Cantidad de datos de la muestra = 31
- Nivel de significancia = 0.05

De acuerdo al nivel de significancia del 5 %, se procede a buscar el valor de Z_c , usando la tabla t de *student y* buscando el valor para 30 grados de libertad. Se encuentra en un valor de -1.6973. Este valor define el punto de separación de la aceptación de la hipótesis nula o su rechazo. Un valor menor a este, demostraría que nuestro conjunto de datos cumple con la aseveración realizada en la hipótesis nula.

Se procede a calcular el Z_c de nuestro conjunto de datos mediante la siguiente ecuación:

$$Z_c = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

En donde:

\bar{x} es la media de la muestra.

μ es la media poblacional.

S es la desviación estándar de la muestra.

n es el número de datos de la muestra.

A partir de esta ecuación y con los datos reunidos, se obtiene el siguiente resultado.

$$Z_c = -1.9075$$

Con el resultado obtenido se puede aceptar la hipótesis nula con el 5 % de significancia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a cada uno de los apartados de la sección de resultados, se desarrolla la información presentada.

5.1. Desarrollo del nuevo procedimiento

Se detalló el procedimiento actual de limpieza, utilizando los productos y procedimientos que se utilizan en las limpiezas o CIP normales, sin modificaciones. Dentro de esto se detallan la cantidad de equipos y tanques disponibles, así como un ejemplo de la distribución de estos equipos en la figura 5. En la figura 6, se puede observar un diagrama de flujo de este procedimiento normal, este es una base importante para poder observar los cambios y las diferencias con las modificaciones que se realizan con el nuevo producto y el nuevo procedimiento.

El uso del nuevo producto de limpieza a base de peróxido de hidrógeno requiere cambios en el sistema actual, ya que este proceso reemplaza el paso de una de las soluciones principales (soda) en el procedimiento normal. Debido a esto, el tanque de soda es ahora usado para la preparación del nuevo producto de limpieza. Los demás cambios necesarios son detallados en la sección 3.1.2. Estos cambios fueron realizados y se diagramaron en el diagrama de flujo del procedimiento nuevo en la figura 7. En este diagrama se pueden observar los cambios principalmente en la etapa de soda, donde esta etapa es sustituida por una etapa donde se prepara la nueva solución a base de peróxido de hidrógeno y luego se pasa por los equipos. La soda es adicionada ahora como un agente secundario. Luego se continúan con las etapas de ácido y desinfectante de la

misma forma, solo con modificaciones en la concentración de las soluciones. Estos cambios son requeridos por el uso del nuevo producto.

5.2. Aplicación de herramientas de productividad para adaptar el procedimiento

Al finalizar la creación del nuevo procedimiento, se usaron las herramientas: estudio de métodos, medición del trabajo y 5S para hacer cambios en él, reduciendo o eliminado los tiempos ineficientes, los tiempos muertos o improductivos y adaptando los equipos necesarios y las áreas involucradas a un sistema de orden y limpieza que se gestionará por sí misma.

En la tabla III se puede observar el primer resumen de los tiempos de cada una de las etapas del procedimiento normal de limpieza, este con las condiciones normales de limpieza y aun sin el nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno. Dentro de este resumen de tiempos existen pasos que se realizan de forma manual y pasos que se realizan automáticamente mediante un protocolo del sistema automatizado. El principal enfoque de los estudios fue en reducción de los tiempos manuales, sin embargo, también se revisó si algún paso automático podía reducirse. El tiempo total del procedimiento normal fue de 597 minutos.

En la tabla IV se observa el resumen de tiempos para el nuevo procedimiento usando el producto a base de peróxido de hidrógeno, mostrando los tiempos de cada uno de los pasos. En este análisis aún no se han realizado revisiones o cambios para mejorar la productividad sino solamente adaptaciones debidas al nuevo producto. Se puede observar que desde aquí se tiene una reducción de 41 minutos, esto debido a la reducción de tiempos en los pasos de soda, ácido y desinfectante. La reducción se debe a que el nuevo producto realiza

la limpieza principal en conjunto con la soda, para luego solo tener un apoyo con las demás soluciones.

En la tabla V se muestran los resultados luego de las modificaciones realizadas mediante el estudio de métodos. El enfoque principal de este fue el evaluar qué etapas o pasos podrían reducirse o eliminarse debido a que no brindaban valor al producto final o bien cuales podían realizarse en simultáneo para mejorar la productividad del mismo. Se mencionan los pasos que se redujeron, así como la forma mediante la cual se logró la reducción. Con esto se logró una reducción de 146 minutos con respecto al procedimiento normal de limpieza.

En la tabla VI y VII se muestran los resultados luego de las modificaciones realizadas mediante la medición del trabajo. En este análisis se enfocó en los tiempos muertos o improductivos entre pasos. Se realizó la identificación de estos tiempos, así como la gestión para reducirlos. Al igual que con el estudio de métodos, se menciona cómo se realizaron las reducciones, obteniendo una reducción de 176 minutos con respecto al procedimiento normal.

Se procedió también al realizar un análisis y cambios mediante el método de 5S para adaptar el nuevo procedimiento a prácticas basadas en gestiones de autocontrol de orden y limpieza. Para esto se inició con los pasos de orden y limpieza mediante el *Seiri*, *Seiton* y *Seiso*; la adaptación de un sistema de limpieza con frecuencias establecidas en *Seiketsu* y la realización de auditorías para detectar puntos de mejora mediante el *Shitsuke*. En cada una de las etapas de este método, se especifica en las acciones realizadas en el área de fermentación para lograr la práctica establecida.

5.3. Análisis de costos y relación beneficio costo

En la tabla VIII se muestran los costos relacionados a una limpieza con el nuevo procedimiento. Dentro de ella se incluyen los costos de materia prima, costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación. Se incluyeron cada uno de los rubros relacionados a una limpieza, para poder cuantificar de forma correcta el costo unitario por limpieza. Es importante resaltar que no se tienen costos de horas extra al personal del área ni al personal de apoyo de mantenimiento ya que las tareas que se asignen relacionadas a este proyecto se realizan dentro de la distribución normal de horas que ya se tienen asignadas. El total de este costo fue de Q8,223.32. Cabe resaltar que este costo es por cada limpieza realizada mediante este nuevo procedimiento de limpieza. Anualmente, al ser 43 limpiezas, se traslada a Q353,602.76.

En la tabla IX se puede observar la relación beneficio costo por cada limpieza realizada con el nuevo procedimiento. La relación nos da un valor de 5.61, mostrando un beneficio 5.61 veces mayor al del costo total del procedimiento. Esto es debido a los 176 minutos reducidos, los cuales pueden ser aprovechados en el cumplimiento de los requerimientos de planeación, esto es, en los programas productivos semanales. Monetariamente, la ganancia por cada procedimiento es de Q37,929.01 y Q1,630,947.43 de forma anual. Adicional a esto se tienen beneficios que no se pueden cuantificar, como lo son, la reducción de valores en resultados microbiológicos y el evitar un posible hallazgo en el futuro.

5.4. Verificación de reducción de resultados microbiológicos con el nuevo procedimiento

Para verificar los resultados del nuevo procedimiento de limpieza en comparación con el procedimiento anterior, se realizó un análisis de hipótesis, estableciendo la hipótesis nula como los resultados del nuevo procedimiento de limpieza con el producto a base de peróxido de hidrógeno, es menor a los resultados del procedimiento normal de limpieza y siendo la hipótesis alternativa que el resultado del nuevo procedimiento es igual o mayor. Para este análisis se eligió un nivel de significancia de 5 %. Luego de determinar que los datos presentan una distribución normal y hacer un análisis de los datos de la población y la muestra, se procede a realizar el cálculo de la Z_c para determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis. A partir de esto se calcula la Z_c para los datos obtenidos con lo cual se logró aceptar la hipótesis nula, demostrando que el nuevo procedimiento de limpieza genera resultados menores a los del procedimiento normal, mostrando que el cambio genera resultados significativos.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolló el nuevo procedimiento de limpieza, con el nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno, el cual se modificó mediante herramientas productivas: estudio de métodos, medición del trabajo y método de 5S, obteniendo una reducción total de 176 minutos. Esta reducción en tiempos generó un impacto positivo en aprovechamiento de planes productivos y un mayor beneficio en relación al costo de implementación. Por medio de un análisis estadístico se determinó que el nuevo procedimiento genera resultados microbiológicos menores en comparación al procedimiento normal.
2. Se diseñó e implementó el nuevo procedimiento de limpieza, modificando las condiciones actuales y adaptando los equipos disponibles para poder usarlos con el nuevo producto. Se realizaron diagramas de flujo de proceso para el procedimiento normal, así como para el nuevo procedimiento. Con la implementación del nuevo procedimiento se generó una reducción del tiempo total del procedimiento de 41 minutos.
3. Se realizaron ajustes al procedimiento nuevo de limpieza mediante herramientas productivas: con el estudio de métodos se redujeron 105 minutos, con el estudio de tiempos se redujeron 30 minutos y mediante el método de 5S se adaptó el nuevo procedimiento a prácticas basadas en gestiones de autocontrol de orden y limpieza.
4. El nuevo procedimiento tuvo un costo de Q8,223.32 por cada limpieza realizada. Esto de forma anual se traduce a Q353,602.76.

5. La relación beneficio costo del nuevo procedimiento fue de 5.61, obteniendo un resultado 5.61 más al costo del procedimiento. Esto se debe a la reducción de tiempo y posible aprovechamiento para la culminación de los planes productivos. La ganancia por cada procedimiento es de Q37,929.01 y Q1,630,947.43 de forma anual.
6. Se realizó un análisis de hipótesis, no rechazando la hipótesis nula, la cual fue que los resultados obtenidos mediante el nuevo procedimiento son menores a los resultados del procedimiento normal.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el establecer un área física específica para el uso del nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno, ya que el área actual a pesar de haber sido adaptada aún requiere mejoras como tubería para trasladar líquidos, fosa de contención para el producto, medidores de nivel, conductividad y flujo.
2. Realizar diagramas de flujo para los demás procedimientos realizados en el área de fermentación, para tenerlas documentadas y debidamente descritas.
3. Evaluar que otras metodologías esbeltas pueden adaptarse al proceso de fermentación para mejorar los procedimientos de limpieza u otros procesos. Los métodos que pueden usarse son SMED y JIT.
4. Trasladar este mismo procedimiento como base a las demás áreas que deban usar el nuevo producto a base de peróxido de hidrógeno e implementar los cambios que se generaron en el área donde se implementó inicialmente.
5. Revisar el comportamiento de los costos de implementación y el beneficio de forma constante, para determinar que la relación beneficio costo se mantenga en valores sin una desviación considerable.

6. Evaluar la tendencia de los resultados microbiológicos con el uso del nuevo producto, para determinar si los resultados estadísticos se mantienen.

REFERENCIAS

1. ACSA, Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (2019). Guía de prácticas correctas de higiene para pequeños productores de cerveza. Recuperado de: http://coli.usal.es/web/Guias/pdf/GPCH_productores_cerveza.pdf.
2. Alessandro, G. (2014). *Mejora de productividad en Línea de Montaje de Industria Automotriz*. (Tesis de maestría, Maestría en Gestión de calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos, Universidad Nacional de Córdoba). Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1876>.
3. Alfaro, F. Alfaro, M. (1999). *Diagnósticos de productividad por multimomentos*. Editorial: Boixareu.
4. Álvarez, J. Sanz, S. Rodríguez, J (2016). *Evaluación de los procedimientos de limpieza y desinfección y su aplicación en industrias cárnica*s. Recuperado de: <https://eurocarne.com/daar/a1/articulos/a2/24609.pdf>.
5. Beer Tanks. (2020). Tanques de fermentación cilíndricos cónicos para la fermentación y maduración de cerveza. Recuperado de: <http://www.beertanks.eu/es/offer/tanks/cylindroconical-fermentation-tanks-pressure/>.
6. Cabrera, R. (2014). *Manual de Lean Manufacturing*.

7. Caso, A. (2006). *Técnicas de Medición del Trabajo*. Editorial: FC.
8. Collard, P. (1985). *El desarrollo de la microbiología*. Editorial: Reverté S.A.
9. De La Guardia, F. (2018). Limpieza, desinfección y los 7 pasos para saneamiento. Recuperado de: https://www.foodprotection.org/members/files/1_9_18_Webinar.pdf.
10. García, M. Quintero, R. López-Munguía, A. (2004). *Biotecnología Alimentaria*. Editorial: Limusa S.A.
11. Hernández, A. (2003). *Microbiología Industrial*. Lugar: Universidad estatal a distancia.
12. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (1999). *Cerveza: Guía para la Aplicación del sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCP)*.
13. Kunze, W. (2006). *Tecnología para Cerveceros y Malteros. Alemania*. Editorial: VIB Berlín.
14. Palacios, L. (2016). Ingeniería de métodos: Movimientos y tiempos. Editorial: Ecoe.
15. Pozuelo, P. (2017). *La limpieza y desinfección en la industria de bebidas: Los CIPsy el uso del peróxido-peracético*. Recuperado de: <https://www.betelgeux.es/blog/2017/05/09/la-limpieza-y-desinfeccion-en-la-industria-de-bebidas-los-cips-y-el-uso-del-peroxido-peracetico/>.

16. Rey, F. (2005). Las 5s. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Editorial: FC.
17. Robles García, I. (2010). Diseño de los procedimientos operativos estandarizados de sanitización para una planta deshidratadora de frutas. (Tesis de maestría, Maestría en Gestión de calidad con Especialidad en Inocuidad de Alimentos, Universidad de San Carlos de Guatemala). Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2872.pdf.
18. Torres Lozano, M. (2013). *Programa de producción más limpia (pml) en los procesos de limpieza, desinfección y mantenimiento locativo en el sector hospitalario en Bogotá.* (Tesis de especialización, Universidad Libre). Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7134>

APÉNDICES

Tabla I. Matriz de coherencia

Problemas	Objetivos	Metodología	Resultados Esperados
<p>General</p> <p>¿Cuál es el procedimiento productivo de limpieza que debe realizarse, utilizando un nuevo producto, para remover las pequeñas trazas de suciedad que se acumulan con el tiempo en la superficie interna de tuberías y tanques, que pueda adaptarse sin afectar planes de producción?</p>	<p>Desarrollar e implementar un procedimiento para el uso de un nuevo producto de limpieza usando herramientas productivas, verificando si el producto es funcional y realizando el análisis de costo de la compra del producto e implementación del procedimiento, para limpiezas especiales de tanques y tuberías usados en el proceso de fermentación de bebidas alcohólicas, con frecuencia anual, en una empresa productora de bebidas alcohólicas.</p>	<p>Tipo de investigación: Investigación experimental. Técnicas: Diagrama de flujo de proceso. Análisis de costos. Relación beneficio costo. Análisis de métodos. Estudio de tiempos. Análisis de 5s. Análisis microbiológico. Análisis de hipótesis. Instrumentos: Cronómetro. Computadora. Como: Revisando información del producto, costos, forma y procedimiento de uso. Adaptándolo al procedimiento de limpiezas, estableciendo puntos de almacenamiento, equipos a utilizar, flujo del material, tiempos de uso, tiempos perdidos y establecer un proceso productivo. Solicitando análisis microbiológico de las aguas de enjuague luego de la limpieza para validar que soluciona el problema.</p>	<p>Procedimiento y nuevo producto implementado productivamente y validado su uso, sin afectar los planes de producción, como un procedimiento a realizarse de forma anual.</p> <p>Análisis de costo por la implementación del producto y procedimiento realizado.</p>

Continuación tabla I.

Específicos ¿Es posible desarrollar un procedimiento, involucrando un nuevo producto de limpieza, que pueda ser utilizado para la eliminación completa de las trazas de proteínas, levaduras y restos orgánicos en el proceso de fermentación en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	Desarrollar un procedimiento, involucrando un nuevo producto de limpieza, que pueda ser utilizado para la eliminación completa de las trazas de proteínas, levaduras y restos orgánicos en el proceso de fermentación en una empresa productora de bebidas carbonatadas.	Tipo de investigación: Investigación experimental. Técnicas: Diagrama de flujo de proceso. Instrumentos: Computadora. Como: Revisando información del producto, forma y procedimiento de uso. Adaptándolo al procedimiento de limpiezas, estableciendo puntos de almacenamiento, equipos a utilizar. Cuando: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021. Donde: Empresa dedicada a la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas. Con que recursos: Humano: Investigador, operario (operadores y ayudantes) Físico: Sistema de tanques y tuberías, computadora para análisis. Financiero: Financiamiento completo para la propuesta a elegir. Tiempo: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021.	Procedimiento y nuevo producto implementado como un procedimiento a realizarse de forma anual.
--	--	---	--

Continuación tabla I.

Específicos ¿Es posible adaptar el nuevo procedimiento y producto asociado, como un método productivo de limpieza sin afectar planes de producción?	Aplicar herramientas de productividad para ajustar el procedimiento, con la finalidad de asegurar que no afecte los planes de producción actuales.	Tipo de investigación: Investigación experimental. Técnicas: Estudio de métodos. Medición del tiempo. Método de 5S. Instrumentos: Cronómetro. Computadora. Como: Revisando información del producto, forma y procedimiento de uso. Adaptándolo al procedimiento de limpiezas, estableciendo puntos de almacenamiento, equipos a utilizar, flujo del material, tiempos de uso y comparación con tiempos actuales, tiempos perdidos y establecer un proceso productivo. Cuando: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021. Donde: Empresa dedicada a la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas. Con que recursos: Humano: Investigador, operario (operadores y ayudantes) Físico: Sistema de tanques y tuberías, computadora para análisis. Financiero: Financiamiento completo para la propuesta a elegir. Tiempo: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021.	Procedimiento y nuevo producto implementado productivamente, sin afectar los planes de producción, como un procedimiento a realizarse de forma anual.
---	--	--	---

Continuación tabla I.

Específicos ¿Cuál es el costo total de la implementación y requerimientos de inversión de este nuevo procedimiento?	Determinar el costo de compra del producto e implementación de este para determinar la inversión necesaria.	Tipo de investigación: Investigación experimental. Técnicas: Análisis de costos. Relación beneficio costo. Instrumentos: Computadora. Como: Revisando información del producto, costos, forma y procedimiento de uso. Adaptándolo al procedimiento de limpiezas. Cuando: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021. Donde: Empresa dedicada a la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas. Con que recursos: Humano: Investigador, operario (operadores y ayudantes) Físico: Sistema de tanques y tuberías, computadora para análisis. Financiero: Financiamiento completo para la propuesta a elegir. Tiempo: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021.	Análisis de costo por la implementación del producto y procedimiento realizado.
---	---	---	---

Continuación tabla I.

Específicos ¿Cómo se puede validar qué el uso de este procedimiento tendrá los resultados deseados?	Verificar que el procedimiento tenga los resultados microbiológicos deseados con la finalidad de reducir los hallazgos fuera de norma.	Tipo de investigación: Investigación experimental. Técnicas: Análisis microbiológico. Análisis de hipótesis. Instrumentos: Computadora. Como: Revisando información del producto, forma y procedimiento de uso. Solicitando análisis microbiológico de las aguas de enjuague luego de la limpieza. Cuando: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021. Donde: Empresa dedicada a la elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas. Con que recursos: Humano: Investigador, operario (operadores y ayudantes) Físico: Sistema de tanques y tuberías, computadora para análisis. Financiero: Financiamiento completo para la propuesta a elegir. Tiempo: Segundo semestre del año 2020 y primer semestre del año 2021.	Procedimiento y nuevo producto implementado productivamente y validado su uso.
---	--	---	--

Fuente: elaboración propia.