

**USO DE AGUA ELECTROLIZADA COMO NUEVA TECNOLOGÍA PARA OPTIMIZAR
LOS PROCESOS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN, PERMITIENDO ASEGURAR LA
CALIDAD E INOCUIDAD DE EQUIPOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA.**

MARTIN SANTIAGO MOORE PEÑA

Proyecto de investigación para optar por el título de

INGENIERO QUÍMICO

Director

LUIS EDUARDO FORERO CARDENAS

Ingeniero Químico

M.Sc. Ingeniería Ambiental

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma de Jurado

Bogotá D.C. enero de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARICA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA PEÑA

Vicerrectora Académica

Dra. MARIA FERNANDA VEGA de MENDOZA

Vicerrector Administrativo y Financiero

DR. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CATRO

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. SUSANA MARGARITA BENAVIDES TRUJILLO

Secretario General

Dr. JOSE LUIS MACIAS RODIRGUEZ

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Directora Programa Ingeniería Química

Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	12
JUSTIFICACIÓN	14
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 Métodos para la desinfección de tuberías de transporte lácteo	15
1.2 Limpieza automatizada por medio de Cleaning in Place (CIP)	16
1.3 Electropulido	17
1.4 Producción de agua electrolizada	19
1.5 Análisis de peligros	24
1.6 Disposición de residuos químicos	27
<i>1.6.1 Acido Hipocloroso derivado de electrolisis (EcoDes)</i>	27
<i>1.6.2 Ácido sulfúrico 97% y Ácido Nítrico</i>	27
<i>1.6.3 Ácido Fosfórico 85%</i>	28
<i>1.6.4 Hidróxido de sodio escamas</i>	28
1.7 Referente normativo o metodológico usado	29
<i>1.7.1 Prueba de corrosión</i>	29
<i>1.7.2 Resistencia a la polarización lineal (RPL)</i>	32
<i>1.7.3 Prueba de electropulido</i>	33
<i>1.7.4 Determinación de cloro libre</i>	36
<i>1.7.5 Titulación</i>	37
<i>1.7.6 Espectrofotometría</i>	37
<i>1.8.1 Caldo BHI</i>	38
<i>1.8.3 Método de recuento en placa</i>	39
2. METODOLOGÍA	40
2.1 Prueba experimental de corrosión por agua electrolizada	40
2.2 Capa protectora en tuberías de acero inoxidable mediante electropulido	42
3. RECURSOS	45
4. CRONOGRAMA	46
5. PRESUPUESTO	48

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	55
6.1 Pruebas de corrosión en tuberías vistas en la industria Láctea	55
6.2 Acero Inoxidable	56
6.3 Acero Galvanizado	58
6.4 Acero al Carbón	60
6.5 Resultados Pruebas de Electropulido	64
6.6 Resultados Pruebas Microbiológicas	72
7. CONCLUSIONES	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. <i>Modelo general obtención hidróxido de sodio y ácido hipocloroso por electrolisis.</i>	22
Figura 2. <i>Funcionamiento del equipo generador de agua electrolizada</i>	23
Figura 3. <i>Análisis de Peligros por uso de insumos concentrados</i>	24
Figura 4. <i>Curva de polarización para material en bruto</i>	31
Figura 5. <i>Curva de polarización para material con electro pulido previo</i>	32
Figura 6. <i>Esquema de la superficie del proceso de electropulido</i>	34
Figura 7. <i>Método de la Trayectoria Crítica de actividades para el desarrollo del proyecto.</i>	46
Figura 8. <i>Exposición de tubería en acero inoxidable a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.</i>	56
Figura 9. <i>Exposición de tubería en acero inoxidable a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.</i>	57
Figura 10. <i>Exposición de tubería en acero galvanizado a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.</i>	59
Figura 11. <i>Exposición de tubería en acero galvanizado a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.</i>	60
Figura 12. <i>Exposición de tubería en acero al carbón a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.</i>	61
Figura 13. <i>Exposición de tubería en acero al carbón a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.</i>	62
Figura 14. <i>Exposición de tuberías a producto EcoDes y EcoLim de EW TECH S.A.S.</i>	63
Figura 15. <i>Piezas de tubería en acero 316 antes del proceso de electropulido (Ánodo).</i>	64
Figura 16. <i>Láminas de inmersión antes del electropulido (cátodo).</i>	65
Figura 17. <i>Primera inmersión de piezas en solución de ácidos.</i>	66
Figura 18. <i>Coloración verde por presencia de sales de molibdeno.</i>	67
Figura 19. <i>Láminas de acero inoxidable 304 después del proceso de electropulido.</i>	68
Figura 20. <i>Pieza electropulida después de sacar de la celda electrolítica.</i>	69
Figura 21. <i>Inmersión de piezas en Ácido Nítrico para remisión de sales.</i>	70
Figura 22. <i>Resultados de piezas después del electropulido.</i>	71
Figura 23. <i>Patrón de McFarland utilizado para la medición de UFC en muestras.</i>	72
Figura 24. <i>Diluciones seriadas del inóculo de coliformes.</i>	73
Figura 25. <i>Recuentos coliformes antes y después de usar agua electrolizada (EcoDes).</i>	75
Figura 26. <i>Ficha de seguridad para el ácido sulfúrico al 97%</i>	88
Figura 27. <i>Ficha de seguridad para el ácido fosfórico</i>	90
Figura 28. <i>Ficha de seguridad para el hidróxido de sodio</i>	92
Figura 29. <i>Ficha de seguridad para el ácido hipocloroso</i>	94
Figura 30. <i>Ficha de seguridad para el hidróxido de sodio en escamas</i>	96
Figura 31. <i>Ficha de seguridad para el ácido nítrico</i>	98

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. <i>Cuadro representativo de cronograma según fechas estipuladas.</i>	47
Tabla 2. <i>Costo de inversión para alquiler del equipo</i>	48
Tabla 3. <i>Costo de inversión para insumos químicos utilizados.</i>	49
Tabla 4. <i>Costo de inversión para estudios tecnológicos de resultados microbiológicos.</i>	52
Tabla 5. <i>Resultados de inoculación de coliformes para pruebas microbiológicas.</i>	74
Tabla 6. <i>Resultados microbiológicos al utilizar agua electrolizada</i>	76

RESUMEN

Con el propósito de aportar a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en función de diseñar un proyecto que genere un beneficio en la industrialización, innovación e infraestructura. Se busca, modernizar y estructurar las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales [1]. En función de mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y la reutilización sin riesgos de los recursos hídricos [2], permite investigar en el uso de tecnologías que faciliten obtener insumos para la limpieza y desinfección industrial.

Actualmente en la industria de alimentos se utilizan insumos de limpieza y desinfección que no son aprovechables después de un proceso de limpieza; El agua electrolizada al ser un producto derivado de una solución salina cuenta con propiedades electroquímicas temporales [3], las cuales permiten asegurar que no habrá presencia de insumos químicos en los vertimientos de agua posteriores a un lavado industrial, ya que permite obtener insumos como lo son Hidróxido de sodio y Acido Hipocloroso [4] como radicales libres. Estos insumos por su naturaleza son corrosivos para las tuberías metálicas, por tal motivo el uso de técnicas como lo son el electropulido permiten mejorar la micro rugosidad de las tuberías y controla la corrosión [5].

Asegurar la disminución en la corrosión de tuberías mediante técnicas electroquímicas, permite probar la efectividad del agua electrolizada como agente desinfectante en las tuberías después de un proceso de producción, permitiendo asegura la calidad e inocuidad de los equipos y productos procesados en las empresas productoras de alimentos lácteos.

Palabras clave: Electropulido, Electrolisis, Agua Electrolizada, CIP, limpieza, desinfección, Industria

INTRODUCCIÓN

La Industria, es una sociedad enfocada en el proceso de transformaciones de materias primas las cuales cuentan con un valor agregado inmerso en el producto. En la transformación de materias primas, se deben cumplir ciertas normas en buenas prácticas de manufactura (BPM) [6], este modelo permite regular y certificar que el proceso de producción se está realizando según rige la Norma Técnica Colombiana (NTC 2674). En un correcto diseño BPM, se debe generar un sistema de limpieza industria el cual se denomina Clean In Place (CIP), más comúnmente visto en la industria alimentaria la cual requiere un control riguroso en temas de registro sanitario, ya que al ser productos que van ligados al consumo humano se rigen según la Norma Técnica Colombia (NTC 5245), la cual describe cómo se debe proceder al generar un plan de limpieza industrial y que insumos son necesarios en el proceso, manteniendo los parámetros de calidad e inocuidad del producto terminado y de los equipos utilizados.

Un correcto lavado en la industria de alimentos consta de 3 puntos importantes: Temperatura a la que se va a utilizar las soluciones de limpieza, el tiempo de exposición de las soluciones en el equipo y la concentración en la que se debe utilizar el insumo [7]. Hoy en día, los insumos químicos que se utilizan en la industria de alimentos para hacer un correcto proceso de limpieza y son de interés para esta investigación son: Soda caustica y Acido peracético, los cuales cumplen un papel muy importante en remover la materia orgánica de un equipo [8]. La soda caustica desengrasa tuberías y equipos, ya que funciona como jabón de uso industrial [9].

Por ultimo los peracéticos se basan en la oxidación de los componentes estructurales y funcionales de los microorganismos a unas bajas concentraciones de uso [10], utilizados en la industria de alimentos como desinfectantes. El interés por obtener procesos sostenibles que permitan facilitar el tratamiento de aguas posterior a los lavados de líneas y equipos logra ampliar el campo de la investigación, incursionando en técnicas de obtención de insumos con un mejor efectividad y tratamiento posterior a los lavados en la industria de alimentos lácteos.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la industria láctea, mantener limpias las tuberías de acero es crucial para asegurar la calidad y seguridad de la leche y sus derivados. A pesar de su importancia, este proceso presenta desafíos. Según la Industria [11] Uno de ellos es la aparición de biofilms, capas de microorganismos que se adhieren a las superficies, obstaculizando el flujo y la transferencia de calor, aumentando el consumo de energía y químicos, que afectan el medio ambiente. [12].

El no seguir adecuadamente los protocolos de limpieza y desinfección es otro problema. Estos protocolos deben garantizar la eliminación de residuos y la reducción de microorganismos mediante detergentes y desinfectantes adecuados, controlando la temperatura, tiempo, presión y caudal, además de verificar la efectividad del proceso. El incumplimiento de estos protocolos puede resultar en acumulación de suciedad y microorganismos, comprometiendo la calidad e inocuidad de los productos lácteos.

Además, el diseño inapropiado de las instalaciones y equipos puede generar áreas difíciles de limpiar y desinfectar, lo que propicia el crecimiento de microorganismos y biofilms. Para evitar esto, se recomienda el uso de materiales adecuados, diseños higiénicos y la revisión regular de los equipos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la factibilidad de emplear agua electrolizada cómo una alternativa de aseguramiento de la calidad e inocuidad en los equipos operados mediante CIP en la industria láctea.

Objetivos Específicos

1. Comprobar el efecto del electropulido contra la corrosión en tuberías utilizadas para transportar alimento en la industria láctea.
2. Determinar la efectividad del electropulido en el aseguramiento de las condiciones microbiológicas establecidas para tuberías de acero inoxidable que transportan alimento en la industria láctea.

PREGUNTA PROBLEMA

En una oportunidad por mejorar los vertimientos de insumos químicos en el proceso de lavado de equipos en la industria alimentaria y con el propósito de aportar a el crecimiento industrial e innovador, se pretende responder a la pregunta problema: ¿Es posible utilizar técnicas que permitan generar insumos para limpieza y desinfección en la industria alimentaria?

JUSTIFICACIÓN

Para que una empresa sea competitiva en el mercado debe cumplir dos puntos los cuales se sostienen entre si según la Comisión Económica para Latino América, y hablan de la capacidad de una empresa para crear e implementar estrategias competitivas, que les permita mantener y aumentar su cuota de productos en el mercado de manera sostenible [13]. Una de las estrategias competitivas de las empresas contra el mercado, es la reducción de costos en la producción para suplir los costos asociados a impulso de marca al consumidor [14].

En función de reducir costos para las empresas productoras de alimentos lácteos, es indispensable ampliar el campo de la investigación, permitiendo encontrar alternativas que ayuden a reducir el costo de inversión en el proceso productivo. Una de estas alternativas es, reconsiderar la compra de insumos químicos utilizados para limpieza y desinfección de líneas y equipos, remplazar proveedores que ofrezcan nuevas tecnologías que permitan a las empresas mediante el alquiler de un equipo producir insumos químicos de una manera segura y autónoma.

Con el uso de agua electrolizada es posible generar insumos químicos cómo lo son Hidróxido de Sodio y Acido Hipocloroso [15], estos subproductos cuentan con un uso específico en los lavados industriales, ya que cuentan con propiedades electroquímicas cómo lo son presencia de radicales libres de Cloro (Cl^-) y Sodio (Na^+), los cuales cumplen un papel importante en la limpieza y desinfección de equipos y tuberías [16].

El agua electrolizada al ser un producto derivado de la electrolisis del agua es considerada una sustancia corrosiva por naturaleza, por tal motivo se debe evaluar la factibilidad y sus propiedades corrosivas en superficies metálicas [17]. Mediante técnicas convencionales se debe asegurar el uso de este producto en la industria, permitiendo evaluar su efectividad en remplazar la obtención de materias primas por producción autónoma mediante el equipo arrendado para proceso de lavado industrial y sus beneficios financieros para las empresas de alimentos lácteos.

1. MARCO TEÓRICO

La industrialización es el proceso de construcción de un orden socioeconómico que gire en torno a la industria, su actividad económica principal será la transformación de materias primas en productos elaborados [18]. Esta transformación requiere de añadir un valor agregado al producto terminado en el proceso de producción, permitiendo cubrir gastos que conllevan esta transformación cómo lo son mantenimiento, personal, ganancias y reinversiones.

En la industria de alimentos según propone el repositorio de la Universidad católica Bolivariana (UCB) que surge la necesidad de desarrollar un manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES) [6], el cual contempla procedimientos e instructivos que establecen de forma estandarizada los pasos a seguir, definiendo los materiales a utilizar, responsables, frecuencia y uso de registros para el personal operativo [6]. Cómo pueden desarrollar correctamente estas actividades durante la jornada laboral informando y regulando de los posibles riesgos presentes en el área industrial.

Un diseño sanitario es indispensable para una correcta producción industrial, una tesis realizada por la universidad nacional de Luján define las tareas de limpieza y desinfección en el área de producción [16]. Para lograr un producto inocuo, es fundamental realizar las operaciones de higienización antes y después de un lote de producción, esto permite certificar que el equipo no va a presentar contaminación cruzada con otros productos procesados en los mismos equipos.

1.1 Métodos para la desinfección de tuberías de transporte lácteo

Existen múltiples métodos usados en la desinfección de las tuberías de transporte lácteo, sin embargo, estos presentan algunas desventajas, se presentan a continuación.

Método limpieza con espuma: Consiste en aplicar una espuma detergente y desinfectante sobre las superficies mediante un equipo generador de espuma. Este método es adecuado para superficies verticales y de difícil acceso, pero requiere un tiempo de contacto prolongado y un buen enjuague. Además, puede generar residuos que afecten el medio ambiente. Según [19].

Por otro lado, [20] mencionan que otra técnica adecuada ha sido el agua presión, Esta consiste en aplicar un chorro de agua a alta presión sobre las superficies para eliminar la suciedad. Este método es rápido y eficaz, pero requiere un alto consumo de agua y energía. Además, puede provocar daños en las superficies o en los operarios si no se usa adecuadamente.

Por circulación: Consiste en hacer circular una solución detergente y desinfectante por el interior de las tuberías mediante una bomba. Este método es el más usado en la industria láctea, ya que permite limpiar las tuberías sin desmontarlas. Sin embargo, también presenta algunos problemas, como la formación de depósitos, la corrosión, la generación de espuma, y la dificultad para controlar las condiciones de limpieza [21].

1.2 Limpieza automatizada por medio de Cleaning in Place (CIP)

La tecnología (CIP) se basa en la circulación de agua y soluciones químicas a presión por los circuitos de producción, asegurando la remoción de residuos y la desinfección de las superficies. Este método tiene ventajas como mayor eficiencia, productividad, seguridad y reducción de costes. Existen dos tipos de sistemas de limpieza CIP: el que recircula la solución de limpieza y el que la pierde³. Para que la limpieza CIP sea efectiva, se deben respetar los elementos del círculo de Sinner: producto de limpieza, energía mecánica, temperatura y tiempo². Además, se debe garantizar la cobertura de todas las zonas a limpiar. Se realizó un estudio por la Universidad de Valladolid para plantear los requisitos y la viabilidad de implementar, un sistema de limpieza automatizado Cleaning in Place (CIP) en una fábrica de quesos [22], con el fin de evitar la intervención humana en este proceso industrial mejorando la calidad del proceso de limpieza y desinfección industrial.

En un estudio de obtención de un agente desinfectante a partir de electrólisis electroquímica [23] utiliza una dilución de agua electrolizada para identificar la mejor concentración posible en la que se puede utilizar este producto como un desinfectante natural en agua potable. En este artículo se identifica información en la producción y diseño de una celda electroquímica capaz de producir formas de cloro libre y su interacción con agentes contaminantes.

Un artículo enfocado en la evaluación del agua electrolizada como agente limpiador y desinfectante sobre acero inoxidable como superficie modelo en la industria láctea [17], que realiza una evaluación del agua electrolizada como agente de limpieza y desinfección logra identificar una estrategia innovadora, que permita optimizar el efecto combinado del agua electrolizada alcalina y el agua electrolizada neutra en placas de acero inoxidable (SSP) con y sin electropulido, identificando factores como lo es el tiempo de exposición y la concentración del producto óptimas para ser eficiente y logrando identificar una posible alternativa de uso con electropulido.

Un Artículo realizado por la revista foods, investigó en el control de biopelículas en superficie de acero inoxidable utilizando agua electrolizada en la industria láctea [15]. La posible presencia de biopelículas en los materiales que no son removidos en un correcto proceso de limpieza y que genera piedras difíciles de remover, puede presentar adhesión de microorganismos. Son una complejidad en los procesos, bien sea tapando una línea de producción, generando una contaminación del producto terminado o contaminando el fluido que pasa por estas áreas donde hay presencia de biopelículas.

Un proyecto realizado en la Universidad Nacional de Mar del Plata realiza ensayos de electropulido en acero inoxidable aisi 316L en el que se evaluaron los parámetros del proceso de electropulido identificando características tales como: voltaje, densidad de corriente y temperatura [24]. Donde se hallaron resultados óptimos a una temperatura de 60°C y una corriente energética de 20V para un tiempo de procesamiento máximo de 15 minutos [24]. El uso de esta tecnología permite realizar una acción preventiva contra la corrosión en la que se busca mantener la calidad en los equipos.

1.3 Electropulido

El electropulido es una técnica fisicoquímica que permite ofrecer acabados sobre una tubería metálica, capaces de mejorar su aspecto físico y sus propiedades corrosivas ya que cuenta con la posibilidad de mejorar la micro rugosidad de la pieza [5]. La implementación de esta técnica requiere el uso de químicos concentrados como lo son ácido sulfúrico, ácido fosfórico y ácido nítrico, que ofrezcan mejorar la superficie de la pieza para que esta sea más resistente a la corrosión [5], dando así una mejor apariencia a las tuberías, mejorando sus propiedades y facilitando la implementación de tecnologías de una manera más segura como lo es el agua electrolizada.

En la industria de alimentos lácteos, el mayor valor de interés es la calidad del producto y equipos que se utilizan para el proceso de transformación de materias primas, esta transformación conlleva a cumplir unos estándares de calidad y de inocuidad en temas de microbiología [25]. Garantizar que un equipo está libre de microorganismos permite asegurar la calidad de un producto, por tal motivo es indispensable probar el agua electrolizada en su efectividad contra la microbiología en una tubería por la cual se transportan alimentos lácteos [26]. para probar que el agua electrolizada

es efectiva, se tiene que regular la corrosión en las tuberías, certificar que es efectiva contra la corrosión y analizar si en términos financieros es factible su uso.

Para asegurar un correcto uso del agua electrolizada, es indispensable definir una secuencia de actividades que permitan utilizar el agua electrolizada de una manera segura y que mantenga la integridad de la pieza en el tiempo. El agua electrolizada cuenta con propiedades corrosivas debido a la presencia de radicales libres de cloro (Cl^\cdot) y Sodio (Na^+) [4], la corrosión al ser la capacidad que tienen un material metálico para volver a su estado natural atómico [4], requiere revisar el tipo de material el cual cumple con facilidades de corrosión según sus propiedades y aleaciones que no vuelven más o menos susceptible a este fenómeno físico. Al confirmar que el agua electrolizada es corrosiva, cuestiona en las posibilidades de regular este fenómeno mediante alternativas que prolonguen el uso de agua electrolizada.

Según estudios realizados en la Universidad Agrícola de China, en el que utilizan agua electrolizada para limpiar acero inoxidable a 9,9 min para el tiempo de tratamiento, 37,8 °C para la temperatura del agua y 60 mg/L para la concentración de cloro disponible, se considera una línea de base en la que se van a realizar tiempos de exposición de 2, 4, 6, 8 y 16 minutos [27]. Principalmente a una temperatura de 20°C para evidenciar presencia o ausencia de corrosión en las tuberías de acero inoxidable a una concentración de EcoLim de 3800 ppm para definir resultados corrosivos.

El electropulido es una técnica utilizada con el fin de mejorar las propiedades fisicoquímicas de una tubería cómo también lo es su apariencia, una de estas principales importancias es que disminuye la micro rugosidad de las tuberías dando un acabado brillante y liso a la pieza [24]. Los buenos resultados del electropulido dependen en gran medida de una adecuada preparación del acero y un buen manejo de la temperatura, esto es, limpiar y desengrasar la superficie mientras se calienta la solución de ácidos a una temperatura de 60°C, para ello se utilizan productos alcalinos y/o disolventes que dejan la superficie libre de grasa y suciedad, posteriormente se debe enjuagar la pieza con el propósito de eliminar estos productos de la superficie disolviéndolos [28]. En el interior del recipiente el polo negativo de la fuente se conecta a las placas catódicas de acero inoxidable, mientras que la pieza a electropulir es fijada a una rejilla o pinzas de cobre o bronce que están conectadas al polo positivo convirtiéndose de esta manera en el ánodo. Las terminales

tanto positivas como negativas quedan sumergidas dentro del electrolito y generan un circuito eléctrico cerrado que permita la transferencia de iones [24].

Para conseguir dichos resultados y poder evidenciar su calidad se van a realizar 3 pruebas y tomando como referencia un estudio realizado por la universidad pedagógica en la que se clarifica las opciones de realizar un proceso de electropulido en las que mediante una celda electrolítica se van a utilizar una mezcla con concentraciones de ácido orto fosfórico al 85% y ácido sulfúrico al 98% en una proporción de 20% agua, 15% y 65% respectivamente para continuar con una prueba de proporcionalidad de 20% agua, 40% y 40% al obtener resultados se van a realizar una última concentración de 20% agua, 65% y 15%, en todas las pruebas la pieza tendrá que estar en una exposición de 4 minutos a la solución acida y una circulación de corriente con densidad que varían desde 5 hasta 30 A definiendo una corriente de 20A y una temperatura de 60°C ya que al ser una mezcla de ácidos concentrados la alta exposición puede deteriorar el material dejando una tubería más delgada volviéndola susceptible a fraccionamientos en el transcurso del tiempo [29].

Estas pruebas se van a realizar con el fin de identificar la importancia de cada uno de los ácidos en el proceso de electropulido y sus resultados visuales de la tubería. Para poder realizar el proceso de sellado del electropulido la pieza debe tener un tiempo de inmersión en hidróxido de sodio de 2 minutos asegurándose el producto esté en contacto con la pieza en todo momento.

En el proceso de electropulido ocurren reacciones químicas secundarias las cuales producen fosfatos y sulfatos, que difícilmente son eliminadas con la neutralización, por esta razón debe hacerse un tratamiento posterior con ácido nítrico que disuelve estos productos químicos secundarios, de esta manera se asegura una superficie consistente e higiénica para usos posteriores. Inmediatamente después se hace un lavado con agua caliente a 60°C que tiene el propósito de elevar la temperatura de la pieza para lograr un secado casi instantáneo al momento de desmontar la pieza de la rejilla [24]. Las piezas que presenten mejores resultados se van a utilizar para la tercera y última prueba de laboratorio en la que se va a exponer la tubería a algún alimento lácteo.

1.4 Producción de agua electrolizada

Conceptualmente, la electrólisis consiste en la descomposición de una sustancia iónica (electrolito) en elementos más simples mediante un proceso de oxido-reducción, utilizando un conjunto

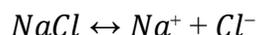
llamado celda electrolítica. Se trata de un proceso químico no espontáneo donde se utiliza energía eléctrica para que suceda una reacción llamada reacción electroquímica [4].

Para la producción de agua electrolizada se utiliza la tecnología ECA, conocida también como Tecnología de Activación Electroquímica o Agua Electrolizada, produce ácido hipocloroso HClO a través de un proceso que combina sales y electricidad [30]. El proceso emula el comportamiento de defensa del cuerpo humano cuando entra un microorganismo peligroso, los glóbulos blancos a través de los neutrófilos producen ácido hipocloroso para defenderse de cualquier agente patógeno.

El resultado de la electrólisis consta de una solución diluida de NaCl con agua el cual da lugar a la formación de un electrolito compuesto por iones de cloro cargado negativamente (Cl^-) y sodio cargado positivamente (Na^+) disueltos en agua.

Ecuación 1.

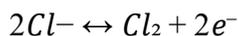
Separación Iónica del cloruro de sodio



La carga energética entre los electrodos generalmente se establece en 9 a 10 V. Durante la electrólisis, el NaCl disuelto en agua desionizada se disocia y las partículas cargadas negativamente de cloro son atraídas hacia el ánodo por efecto de la carga energética suministrada, en donde dos moléculas de cloruro interactúan para ocasionar la semirreacción de oxidación y así obtener cloro gaseoso más un par de electrones libres.

Ecuación 2.

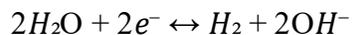
Separación energética en una molécula de cloro



Al mismo tiempo, en el cátodo se da lugar a la semirreacción de reducción de las moléculas de agua presentes, las cuales interactúan con los electrones provenientes del ánodo, y de esta forma se originan los grupos hidroxilo y como subproducto de la reacción se da el hidrógeno gaseoso.

Ecuación 3.

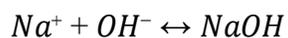
Mezcla Iónica con agua



Posteriormente, los iones de sodio que no participaron en las reacciones de óxido reducción van a interactuar con los iones hidroxilo que son generados en la celda para formar hidróxido de sodio, haciendo que el medio electrolítico se vuelva de carácter básico.

Ecuación 4.

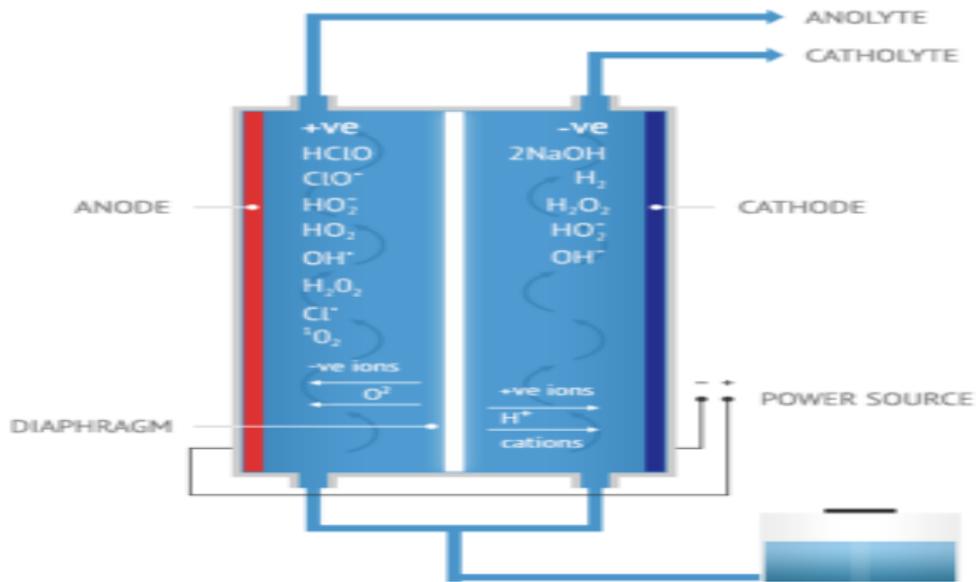
Producción de Hidróxido de sodio



Dicho lo anterior, el proceso de electrólisis de cloruro de sodio para formar moléculas de hidróxido de sodio y cloro gaseoso se representa en la **Figura 1**.

Figura 1.

Modelo general obtención hidróxido de sodio y ácido hipocloroso por electrolisis.



Nota. La figura permite identificar el funcionamiento de intercambio de iones en una celda de electrolisis permitiendo identificar la interacción que cuenta los ánodos y cátodos. Tomado de EWTECH, «DESINFECTANTE ORGANICO DE AMPLIO ESPECTRO,» [En línea]. Available: <https://ewtech.la/como-funciona/acido-hipocloroso/>.

Por último, ocurre la reacción de formación del hipoclorito de sodio como agente oxidante, en donde el cloro gaseoso producido en el ánodo reacciona con el hidróxido de sodio presente en el electrólito.

Ecuación 5.

Dilución de cloruro de sodio en agua



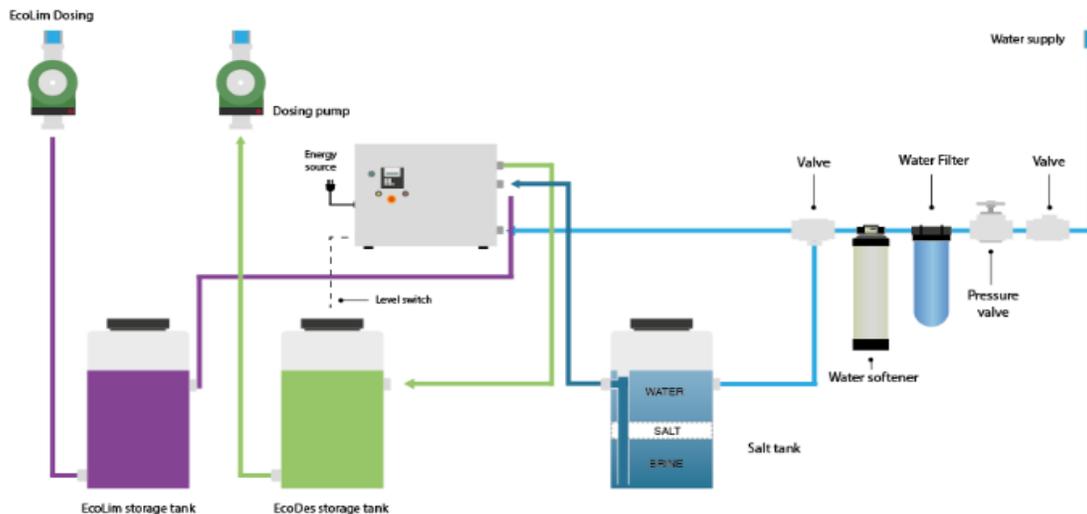
La empresa EWTWCH, cuenta con un equipo generador de agua electrolizada, el cual permite llevar a cabo el proceso de oxido-reducción en una celda electrolítica, este equipo está compuesto

por una base de dilución del 25% de sal marina con agua, el cual alimenta a un equipo con la solución electrolítica para posteriormente hacer un proceso de separación de soluciones, posteriores al proceso de oxidación-reducción en el que se obtiene hidróxido de sodio y ácido hipocloroso.

El equipo cuenta con una membrana semipermeable la cual comprende un soporte de membrana micro porosa que tiene un primer lado poroso, un segundo lado poroso y una estructura porosa continua que se extiende por todo el medio entre los dos puntos de porosidad, y un polímero de transferencia de iones reticulado que llena completamente dicha estructura porosa continua, con una fuente energética que permite la separación iónica de las sustancias, dando lugar a una obtención independiente de hidróxido de sodio (EcoLim) y ácido hipocloroso (EcoDes), en la **Figura 2** se muestra el equipo generador de agua electrolizada propuesto por EWTECH.

Figura 2.

Funcionamiento del equipo generador de agua electrolizada



Nota. La figura muestra el funcionamiento del equipo generador de agua electrolizada que proporciona mediante una celda de electrolisis la producción y separación de iones de ácido hipocloroso e hidróxido de sodio. Tomado de EWTECH, «DESINFECTANTE ORGANICO DE AMPLIO ESPECTRO,» [En línea]. Available: <https://ewtech.la/como-funciona/acido-hipocloroso/>.

1.5 Análisis de peligros

Con objeto de que los manipuladores de insumos químicos concentrados estén ampliamente informados sobre los riesgos a los que se expondrían en caso de realizar maniobras inadecuadas, y para que además sepan cómo actuar cuando se presente una emergencia, se informa sobre los siguientes aspectos principales:

- a) Localización, propósito y uso del equipo de protección personal, regaderas de seguridad, fuentes para lavado de ojos, garrafones de solución de bicarbonato de sodio e hidrantes para casos de emergencia.
- b) Localización, propósito y uso del equipo contra incendio, alarmas y equipo de emergencia, tales como válvulas o interruptores.
- c) Medios para evitar la inhalación de vapores o vapor de ácido sulfúrico y contacto directo con el líquido.

En función de expresar la posible presencia de riesgos, se informa en la siguiente tabla los peligros presentes al usar ácidos y bases concentradas.

Figura 3.

Análisis de Peligros por uso de insumos concentrados

INSUMO QUIMICO	PELIGROS DE USO
Ácido Sulfúrico 97%	<ul style="list-style-type: none">• Corrosivo para los metales, Libera hidrógeno, gas altamente inflamable y explosivo al contacto con metal.• Desprendimiento de calor en contacto con el agua y compuestos orgánicos.• El contacto con sales de potasio genera explosiones.• Puede producir graves quemaduras de la piel y los ojos.• Puede producir agujeros en el estómago si se ingiere, irritar la nariz y la garganta.• Dificulta la respiración si se inhala.

	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión con revestimiento interior resistente. • Pictogramas.  <p>Información recolectada de ficha técnica [31].</p>
Ácido Fosfórico 85%	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser corrosivo para los metales. • Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. • Puede producir humos tóxicos de monóxido de carbono y óxidos de fósforo en caso de incendio. • Puede liberar hidrógeno altamente inflamable en contacto con metales. • Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores. • Pictogramas.  <p>Información recolectada de ficha técnica [32].</p>
Ácido Nítrico	<ul style="list-style-type: none"> • Puede agravar un incendio; comburente. • Corrosivo para los metales. • Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. • Al mezclarse con agua genera desprendimiento de calor, humos corrosivos y venenosos

	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclas con ácido acético, ácido crómico o anilina genera reacciones violentamente, peligrosas de incendio y explosión. • Tóxico en caso de inhalación. • Pictogramas  <p>Información recolectada de ficha técnica [33].</p>
<p>Hidróxido de sodio (Escamas)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nocivo para los organismos acuáticos. • No respirar el polvo. • Evitar su liberación al medio ambiente. • Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves • Mantener alejado de agentes oxidantes y de materiales fuertemente alcalinos o ácidos, a fin de evitar reacciones exotérmicas. • Pictogramas  <p>Información recolectada de ficha técnica [34].</p>
<p>Hidróxido de sodio derivado de electrolisis (EcoLim)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Producto para uso industrial. • No realizar mezclas con otros productos. • No ingerir. Evitar el contacto con los ojos. • Mantener el envase cerrado, protegido del sol. <p>Información recolectada de ficha técnica [35].</p>
<p>Acido Hipocloroso derivado de electrolisis (EcoDes)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No emplee directamente sobre telas que en su composición declaren 100% algodón.

	<ul style="list-style-type: none"> • Para partes y elementos metálicos no dejar el producto expuesto por más de 10 min. Secar producto residual con paño limpio. • No ingerir. Evitar el contacto con los ojos, puede producir irritación ocular. • No realizar mezclas con otros productos. • Pictograma.  <p>Información recolectada de ficha técnica [36].</p>
--	---

Nota. El uso de insumos químicos concentrados requiere unas medidas de prevención en las que ese especifica los riesgos con los que se encuentran los manipuladores al usar compuestos concentrados.

1.6 Disposición de residuos químicos

Los residuos que se pueden generar producto de la atención del evento se clasifican de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005 Anexo I [37], como Y34 soluciones ácidas o ácidos en forma sólida y Y35 soluciones básicas o bases en forma sólida.

1.6.1 *Acido Hipocloroso derivado de electrolisis (EcoDes)*

No se permite su vertido en alcantarillas o cursos de agua en estado puro. Los residuos y envases vacíos deben manipularse y eliminarse de acuerdo con las legislaciones local/nacional vigentes [38]. El uso de ácido hipocloroso como un derivado de electrolisis proporciona características tales como cloro activo en una concentración entre 500 – 1000 ppm [30], convirtiéndolo en un producto efectivo en la eliminación de microorganismos y permitiendo ser tratado como residuo no peligroso debido a su derivación de la electrolisis, es permitido su vertimiento en alcantarillados.

1.6.2 *Ácido sulfúrico 97% y Ácido Nítrico*

Para la forma de almacenamiento de los residuos líquidos y sólidos se recogerán en recipientes herméticos vidrio o de fibra de vidrio y no almacenar en contenedores metálicos [39]. El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos, lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares.

Recomendaciones para el transporte de ácido sulfúrico concentrado, el cual debe cumplir con lo estipulado en el Decreto 1609 de julio de 2002 del Ministerio del Transporte, el cual de acuerdo con algunos de sus apartes establece:

“Artículo 4°. Manejo de la carga: El rotulado y etiquetado de los embalajes y envases de las mercancías peligrosas debe cumplir con lo establecido para cada clase en la Norma Técnica Colombiana NTC 1692. Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas CLASE 8 corresponde a Sustancias Corrosivas, cuya Norma Técnica Colombiana es la NTC 4702 -8”.

Cuando se conozca el generador, los residuos líquidos de la sustancia (ácido sulfúrico) recolectados se regresarán a la empresa dueña del producto para su reutilización o disposición final. Adicional tener como elemento de primeros auxilios una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) al 2%, en agua, para lavar y neutralizar salpicaduras de ácido sulfúrico [39].

El agua contaminada con la sustancia ácido sulfúrico, se puede neutralizar lentamente con hidróxido de sodio o cal apagada hasta obtener un pH entre 6 y 9 para posteriormente disponerse a través del sistema de alcantarillado [39], asegurando el previo cumplimiento de lo establecido en la Resolución 1074 de 1997 del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA (Hoy Secretaría Distrital de Ambiente) [40].

1.6.3 Ácido Fosfórico 85%

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán ser eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos, Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada.

En caso de que el producto se riegue, se recomienda recoger el producto a través de arena, tierra o material absorbente inerte y limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Neutralizar muy lentamente y con control de la temperatura empleando hidróxido de calcio, carbonato de sodio, carbonato de calcio o bicarbonato de sodio [41].

1.6.4 Hidróxido de sodio escamas

Los residuos líquidos se recogerán en recipientes herméticos plásticos o de fibra de vidrio resistentes a la basicidad [42]. El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos, lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares.

Se debe cumplir con lo estipulado en el Decreto 1609 de julio de 2002 del Ministerio del Transporte, el cual de acuerdo con algunos de sus apartes establece:

“Artículo 4°. Manejo de la carga: El rotulado y etiquetado de los embalajes y envases de las mercancías peligrosas debe cumplir con lo establecido para cada clase en la Norma Técnica Colombiana NTC 1692. Embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas CLASE 8 corresponde a Sustancias Corrosivas, cuya Norma Técnica Colombiana es la NTC 4702 -8”.

El agua contaminada con la sustancia (soda cáustica) se puede neutralizar lentamente con ácido acético diluido (vinagre) o en su lugar ácido clorhídrico 6 Molar hasta obtener un pH entre 6 y 9 para posteriormente disponerse a través del sistema de alcantarillado [42], previo cumplimiento de lo establecido en la Resolución 1074 de 1997 del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA (Hoy Secretaría Distrital de Ambiente).

1.7 Referente normativo o metodológico usado

Las referencias normativas son fundamentales para darle validez a los argumentos y fundamentar las decisiones tomadas al realizar una investigación, permitiendo justificar los resultados obtenidos.

1.7.1 Prueba de corrosión

Los ensayos de corrosión son considerados básicos para la evaluación y el posterior control del fenómeno en una gran cantidad de aplicaciones de Ingeniería dividiéndose en tres grandes grupos. En el primero se encuentran las pruebas de laboratorio en las que las muestras son expuestas a líquidos reales o ambientes simulados, el segundo se efectúa en ambientes reales, exponiendo el metal a las condiciones presentes en los procesos. Por último, en el tercer grupo se encuentran las pruebas de servicios donde las muestras toman la forma de piezas de proceso y se exponen a las condiciones específicas en las que serán usados en los procesos reales.

Los ensayos de polarización potencio dinámica se logran cuando se tiene un proceso corrosivo, existe una transferencia de electrones en contacto con una solución y ocurren reacciones anódicas y catódicas en simultáneo, por lo que se establece lo que se conoce como un potencial de corrosión [24]. El mismo se da cuando las corrientes anódica y catódica son iguales. Si por alguna razón existe un exceso de cargas negativas (electrones) en la superficie del material, se dice que tiene

una polarización catódica. De igual manera, una deficiencia de electrones produce en la interfaz un cambio positivo en el potencial llamado polarización anódica [43].

Ecuación 6.

Velocidad de corrosión

$$j = j_o \left[e^{\frac{\alpha_A n F \eta}{RT}} - \frac{1}{e^{\frac{\alpha_C n F \eta}{RT}}} \right]$$

Donde:

j: Densidad de corriente [$\frac{A}{m^2}$].

j_o : Densidad de corriente de intercambio [$\frac{A}{m^2}$].

α_A : Coeficiente de transferencia electrónica anódico (adimensional).

α_C : Coeficiente de transferencia electrónica catódico (adimensional).

n: Número de electrones involucrados en una reacción (adimensional).

F: Constante de Faraday [$\frac{F}{mol}$].

η : Sobrepotencial [mV].

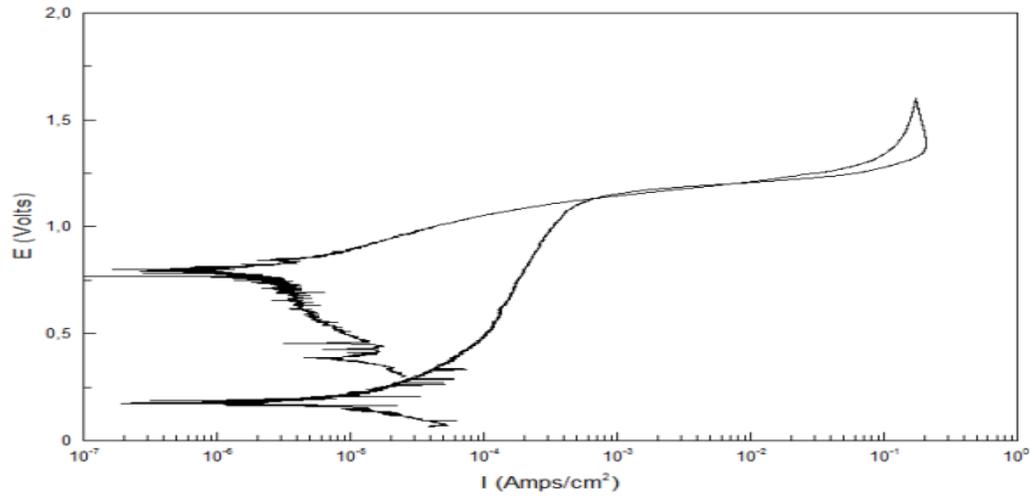
R: Constante del gas [$\frac{J}{K * mol}$].

T: Temperatura [K].

Según pruebas de polarización (corrosión) realizadas en estudios de ensayos para definir resultados en la efectividad del electropulido contra la corrosión, se estudió y se definió la curva de probetas con pulido previo como también para las probetas en bruto, la zona de trans-pasivación comienza aproximadamente en un valor de potencial de evolución de oxígeno comprendido entre 1,1 y 1,2 V [43].

Figura 4.

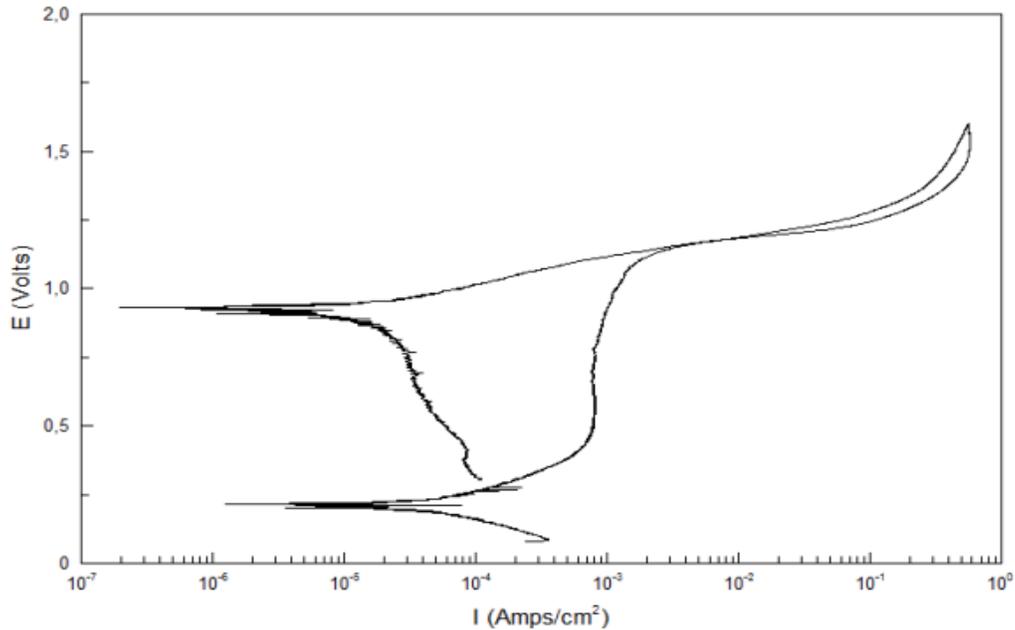
Curva de polarización para material en bruto



Nota. La figura muestra el comportamiento que tiene la corrosión sobre una superficie metálica el cual no cuentan con ningún recubrimiento especial. Tomado de I. M. Carro, «Ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable AISI316L.,» p. Biblioteca/Facultad de Ingenieria/UNMDP., 2019.

Figura 5.

Curva de polarización para material con electro pulido previo



Nota. La figura muestra el comportamiento que tiene la corrosión sobre una superficie metálica el cual cuentan con un cubrimiento de electropulido en el que se mejoraría la corrosión de las tuberías. Tomado de I. M. Carro, «Ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable AISI316L.» p. Biblioteca/Facultad de Ingeniería/UNMDP., 2019.

La velocidad de corrosión va a variar sustancialmente dependiendo de que la superficie metálica esté seca o mojada. Una de las principales preocupaciones de los investigadores de este campo es la determinación del periodo en el cual la superficie metálica permanece mojada, ya que el proceso de corrosión atmosférica es suma de los procesos parciales de corrosión que tienen lugar cada vez que se forma la capa de electrolito sobre el metal [44].

1.7.2 Resistencia a la polarización lineal (RPL)

Mediante la determinación de la RPL es posible calcular la velocidad de corrosión de un metal en contacto con un electrolito, esta técnica se basa en que, bajo determinadas condiciones, en el

entorno del potencial de corrosión se verifica una relación lineal entre el potencial aplicado al metal y la corriente que circula en el sistema polarizado [45].

La pendiente de la recta en el potencial de corrosión se expresa en la *Ecuación 7*, descontada la resistencia óhmica del medio, se denomina resistencia de polarización (R_p).

Ecuación 7.

Potencial de corrosión

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta I}$$

La densidad de corriente de corrosión (y por lo tanto la velocidad de corrosión) es inversamente proporcional a la resistencia de polarización, según la siguiente expresión:

Ecuación 8.

Velocidad de corrosión

$$\text{Velocidad de corrosión} = \frac{k \times B}{R_p}$$

donde la constante k depende de las unidades con que se quiera expresar la velocidad de corrosión y la constante B depende del sistema metal/medio corrosivo [45].

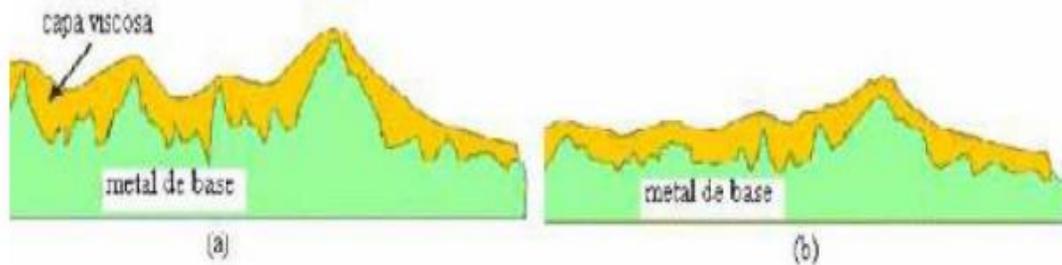
1.7.3 Prueba de electropulido

Las primeras explicaciones del mecanismo de electropulido fueron dadas por Jacquet y Elmore. Jacquet atribuyó el electropulido a la formación de una capa viscosa de protección en la pieza de trabajo [[46], [47]]. El espesor de esta capa no es constante, siendo mayor en los valles o superficies altas de la pieza. Esto da como resultado una mayor resistencia óhmica en esas zonas, haciendo referencia a cualquier temperatura dentro de su rango de operación, mantienen una resistencia constante y conduce a una disolución preferencial de los picos que se traduce en una nivelación de la superficie.

Esta explicación fue desafiada más tarde por Elmore, quien estudió la relación corriente-voltaje para el pulido de cobre en ácido orto fosfórico. Él atribuyó el efecto de pulido a un gradiente de concentración variable de los iones metálicos disueltos en la capa viscosa [[46], [47]].

Figura 6.

Esquema de un corte transversal a escala microscópica de la superficie del proceso de electropulido



Nota. Disolución preferencial de los picos y nivelación de la superficie y como la capa viscosa del electropulido genera una protección superficial de la muestra. Tomado de I. M. Carro, «Ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable AISI316L.» p. Biblioteca/Facultad de Ingeniería/UNMDP., 2019.

El valor del espesor de la capa de difusión (δ) sobre la protuberancia es menor que el valor sobre el valle. Por lo tanto, el valor de la corriente límite (i_L) definida por la Ecuación 9 será mayor sobre la protuberancia en comparación con la del valle, lo que da como resultado que la superficie del metal se nivele a medida que avanza el electropulido. Este es el mecanismo generalmente aceptado para el electropulido y el control difusional se ha establecido como la razón detrás del electropulido.

Ecuación 9.

Valor de la corriente límite

$$i_L = \frac{nFD C_s - C_b}{\delta}$$

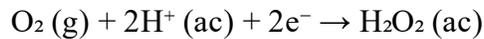
Donde n es el número total de iones involucrados, F es la constante de Faraday, D es el coeficiente de difusión de la especie limitante, C_s es la concentración en la superficie de la pieza, C_b es la concentración en el seno del electrolito y δ es el espesor de la capa de difusión.

El proceso de electropulido es un proceso de oxidación-reducción (REDOX) en el que se presenta una interacción iónica dentro de la celda electrolítica conformada por un electrolito el cual es una sustancia que produce iones en disolución, lo cual se pone de manifiesto por el hecho de que la disolución presenta conductividad eléctrica.

Las semirreacciones pueden ser más complejas, implicando transferencias de átomos. Por ejemplo, la reducción de oxígeno a agua oxigenada:

Ecuación 10.

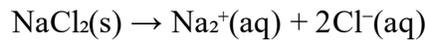
Obtención de agua oxigenada



Electrolitos fuertes: completamente disociados, estos se consideran fuertes cuando su fuente principal está compuesta por una sal. Permitiendo así una disociación en el medio generando una conductividad energética.

Ecuación 11.

Separación iónica del cloruro de sodio



En el tratamiento termodinámico de iones hay que tener en cuenta el trabajo eléctrico asociado a transportar una carga (q) desde un punto con potencial eléctrico ϕ_1 a otro con potencial ϕ_2 .

Ecuación 12.

Trabajo eléctrico

$$W_{el} = q \phi_2 - q \phi_1 = q \Delta\phi = q * E$$

El electropulido es un proceso de acabado de superficies metálicas, en el cual se logran superficies brillantes y con baja rugosidad superficial si se emplean parámetros adecuados tales como: concentración de ácidos, tiempos de exposición y voltaje. El sistema consta de una celda electrolítica constituida por un ánodo, un cátodo, un electrolito y una fuente de alimentación que provee al sistema de corriente eléctrica. Se tienen reacciones anódicas y reacciones catódicas. Las primeras son todas las reacciones que producen electrones, o más específicamente, reacciones de

oxidación. Por otro lado, las reacciones catódicas son todas las que consumen electrones, también conocidas como reductoras.

Las reacciones que pueden desarrollarse en este proceso de oxidación son las siguientes:

Ecuación 13.

Transferencia de iones metálicos a la solución



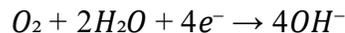
Ecuación 14.

Formación de capas de óxido



Ecuación 15.

Evolución de oxígeno



Ecuación 16.

Reducción de hidrógeno



En el proceso de electropulido, se aprovechan estas reacciones para eliminar una fina capa de material de la pieza a electropulir en forma controlada, sumergiéndola en un determinado electrolito y haciendo circular una determinada corriente. La pieza se oxida controladamente, perdiendo material al liberar iones metálicos a la solución [43]. Por lo tanto, las piezas deben ser conectadas al polo positivo (ánodo), mientras que los contraelectrodos al polo negativo (cátodo). Los contraelectrodos pueden ser de acero inoxidable, cobre o platino.

1.7.4 Determinación de cloro libre

La desinfección tiene por objeto eliminar a los microorganismos patógenos y garantizar la ausencia de todo germen infeccioso (bacteria o virus) en las aguas. Los productos clorados son las sustancias utilizadas con mayor frecuencia en el tratamiento químico del agua gracias a su inocuidad y facilidad para el control de sus niveles [48].

Para uso industrial se utiliza para desinfección de equipos y tuberías, con distintos métodos de determinación con diferencias en la especificidad, sensibilidad y reproducibilidad. Para la determinación de cloro libre en agua se utilizan los métodos de titulación y espectrofotometría.

1.7.5 Titulación

La valoración o titulación es un método de análisis químico cuantitativo en el laboratorio que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo a partir de un reactivo con concentración conocida. Para poder medir la concentración de la sustancia EcoDes la cual cuenta con una cantidad específica de cloro se utiliza una muestra de 10 mL a titular en un vaso precipitado a la cual se le debe añadir 1 g de yoduro de potasio el cual va a generar que la solución se torne naranja para posteriormente agregar 1 mL de ácido acético. La titulación se debe realizar con tiosulfato de sodio a 0.1N hasta que se torne amarilla la solución y proceder a agregar 5 gotas de almidón la cual permite que la solución se torne azul oscuro para continuar titulando con tiosulfato de sodio a 0.1N hasta que la solución se torne incolora [30]. Para calcular la concentración se tiene en cuenta la siguiente ecuación:

Ecuación 17.

Titulación del ácido hipocloroso

$$\frac{V_g \text{Tiosulfato} \times 0.1N \times 35450}{\text{Vol muestra (10)}}$$

1.7.6 Espectrofotometría

Los espectrofotómetros son instrumentos de medición óptica altamente precisos que se utilizan para analizar y cuantificar las propiedades de la luz en función de su longitud de onda. Estos dispositivos son fundamentales en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, así como en aplicaciones industriales y de investigación [48]. Además de la medición del color, los espectrofotómetros también se emplean en el análisis de compuestos químicos. En química analítica, estos instrumentos se utilizan para identificar y cuantificar sustancias en muestras líquidas.

El uso de un espectrofotómetro UV-VIS es el equipo utilizado para la detección de detergentes aniónicos, cianuros, amonio, nitritos, cromo o cloro residual en el agua [48]. Mediante la adición

de ciertos reactivos y tampones, el cloro reacciona para formar un producto coloreado el cual permite identificar la intensidad de este color que es proporcional a la concentración de cloro.

1.8 Cultivos microbiológicas

Un medio de cultivo microbiano es una mezcla de sustancias que sustenta el crecimiento y la diferenciación de los microorganismos que principalmente contienen nutrientes, fuentes de energía, factores promotores del crecimiento, minerales, metales, sales amortiguadoras y gelificantes [49]. Las sofisticadas formulaciones de los medios de cultivo garantizan resultados precisos, reproducibles y repetibles de los análisis microbiológicos.

1.8.1 Caldo BHI

El caldo BHI (Brain Heart Infusión) también conocida en español cómo caldo Infusión Cerebro Corazón es un medio muy rico en nutrientes, que proporciona un adecuado desarrollo microbiano. La infusión de cerebro de ternera, la infusión de corazón vacuno y la peptona, son la fuente de carbono, nitrógeno, y vitaminas [50]. La glucosa es el hidrato de carbono fermentable, el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico, el fosfato disódico otorga capacidad buffer y el agar es el agente solidificante.

El agar cerebro corazón mantiene los mismos principios que el caldo para el cultivo de estreptococos y otras bacterias exigentes. Puede ser suplementado con sangre ovina desfibrinada estéril o con sangre equina desfibrinada estéril, permitiendo así el desarrollo de hongos de difícil crecimiento [50]. Para la preparación se debe disolver 52 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición hasta su disolución total. Distribuir en recipientes apropiados y esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 121°C. Para finalizar, distribuir en placas de Petri estériles.

1.8.2 Agar chromocult

El Agar Cromogénico Coliformes (CCA) también conocido como agar chromocult es un medio selectivo para la detección de *E. coli* y coliformes en aguas y alimentos. Estos son indicadores importantes de la higiene ambiental y alimentaria [51].

Es el agar selectivo para la identificación simultánea de Coliformes y *E. coli* en muestras de agua y alimentos está compuesto por: Peptonas, Cloruro sódico, Dihidrogenofosfato dipotásico,

Hidrogenofosfato dipotásico, Piruvato Sódico, Triptófano, Agaragar, Tergitol, Sorbita y Mezcla de cromógenos, con un pH final de 7.0 +/- 0.2. La identificación simultánea de Coliformes Totales y E. coli se hace a través de dos sustratos cromógenos. El sustrato Salmon-GAL es escindido por la enzima B-D-galactosidasa característica de Coliformes y provoca una coloración roja de las colonias de Coliformes. La identificación de la B-D-glucuronidasa característica para E.coli tiene lugar mediante el sustrato X-glucorónido, cuyo producto de escisión produce una coloración azul de las colonias positivas [52].

1.8.3 Método de recuento en placa

Consiste en realizar diluciones seriadas 1:10 y extender 0.1 mL de cada dilución en una placa; las placas se incuban hasta que las colonias son apreciables para su recuento. Esta metodología tiene la ventaja de tener un buen límite de detección, en el caso de realizar el recuento de bacterias a partir de muestras cuya población se desconoce se requiere realizar el extendido de siete diluciones de la muestra original lo que significa consumir ocho placas de cultivo y alrededor de 25 minutos para los plaqueos [53]. Por medio de la siguiente fórmula se calcula la concentración del inóculo teniendo en cuenta los recuentos obtenidos de las diluciones:

Ecuación 18.

Concentración de un Inoculo

$$\text{Concentracion del inoculo} = \#UFC \text{ en caja de petri} * \frac{\text{factor de dilución}}{\text{mL de la muestra sembrada}}$$

Factor de dilución = inversión de la dilución

mL de la muestra sembrada = 0.1mL

2. METODOLOGÍA

La metodología es de tipo lineal, analítica descriptiva, basada en variables mixtas. A continuación, se definen los procesos experimentales que se llevaron a cabo con el fin de identificar la capacidad de desinfección de la tecnología CIP, en las tuberías de transporte de leche.

2.1 Prueba experimental de corrosión por agua electrolizada

Prueba experimental de corrosión por agua electrolizada Una prueba experimental de corrosión por agua electrolizada es un método para evaluar la resistencia a la corrosión de un material metálico al exponerlo a un medio acuoso que ha sido sometido a una corriente eléctrica. El agua electrolizada se divide en iones hidrógeno e hidróxido, que pueden reaccionar con el metal y formar productos de corrosión. La velocidad y el tipo de corrosión dependen de varios factores, como la composición del material, la concentración de electrolito, la intensidad de la corriente, la temperatura y el tiempo de exposición, [54].

Una prueba experimental de corrosión por agua electrolizada es un método para evaluar la resistencia a la corrosión de un material metálico al exponerlo a un medio acuoso que ha sido sometido a una corriente eléctrica. El agua electrolizada se divide en iones hidrógeno e hidróxido, que pueden reaccionar con el metal y formar productos de corrosión. La velocidad y el tipo de corrosión dependen de varios factores, como la composición del material, la concentración de electrolito, la intensidad de la corriente, la temperatura y el tiempo de exposición, [54]. A continuación, se describe el procedimiento desarrollado para la comprobación de la prueba de corrosión de agua electrolizada.

Materiales

1. 2 argollas de acero inoxidable 316
2. 2 argollas de acero al carbón
3. 2 argollas de acero galvanizado
4. 6 recipientes
5. Vaso precipitado de mínimo 100 mL
6. Termómetro
7. Peachímetro
8. Cronometro

9. Placa de calentamiento

Para la primera prueba de laboratorio en la que se busca identificar si hay presencia de cambios físicos en las tuberías, al ser expuestas a los productos derivados del agua electrolizada cómo lo son: hidróxido de sodio (conocido industrialmente cómo Soda caustica) y ácido hipocloroso. La principal fuente de obtención del agua electrolizada es el equipo arrendado a la empresa EW Tech S.A.S el cual proporciona los productos de limpieza necesarios [55].

El equipo funciona mediante una base de agua potable, se realiza una deionización eliminando la mayor cantidad de hierro en el agua, esto con el fin de que al cargar el agua electrónicamente permita mejorar la estabilidad en los productos de la reacción [56]. Por otro lado, se prepara una solución de agua y salmuera en las proporciones de un bulto de 25 kg de salmuera por cada 100 L de agua en el tanque [55]. Se recomienda dejar un tiempo aproximado de 15 minutos la solución permitiendo que se genere una saturación del agua con la sal, la cual será cargada eléctricamente para así obtener nuestros productos de interés mediante un proceso de separación de cargas iónicas, permitiendo obtener el producto desinfectante EcoDes (Ácido Hipocloroso) del producto de limpieza EcoLim (Hidróxido de Sodio). Se almacenan en tanques de 1000 litros a una concentración de 950 ppm aproximadamente para el EcoDes y una concentración de 3800 ppm para el EcoLim.

Estos metales son: Acero inoxidable 316, Acero al carbón y Acero galvanizado, los materiales se van a fraccionar en dos partes para poder realizar las pruebas independientes y que no haya cruce de información al utilizar los 2 tipos de insumos químicos, dando un total de 6 piezas de acero.

Teniendo en cuenta la norma técnica colombiana, el material de mayor interés en los resultados es el acero inoxidable, ya que según la norma NTC-5245 los productos lácteos que sean realizados a escala industrial deben ser producidos y transportados en material inoxidable [57]. El material inoxidable no presenta desprendimiento de micropartículas metálicas que se puedan adherir al alimento, aunque los otros materiales también se encuentran en el diseño de la planta, se tienen en cuenta para regular una posible fuga en la que el producto esté en contacto con otro material dentro de la planta [27].

Teniendo en cuenta que el producto será almacenado en tanques de acero inoxidable se dejaron en un tiempo de exposición de 4 horas y 5 días posteriores a la prueba. Para las pruebas con el

producto EcoDes en las tuberías, se manejará una concentración de 950ppm con el fin de determinar el caso más extremo de la exposición del producto al ser almacenado en tanques de acero inoxidable, en los que se va a realizar un tiempo de exposición de 2, 4, 6, 8, 16 y 30 minutos de exposición a una temperatura ambiente. A estas mismas concentraciones se repite el procedimiento dejando un tiempo de exposición de 4 horas y 5 días para evidenciar resultados a largo plazo. Este procedimiento se realizará para los 3 tipos de materiales a estudiar.

2.2 Capa protectora en tuberías de acero inoxidable mediante electropulido

Esto consiste en un proceso de tratamiento superficial del acero inoxidable que tiene como objetivo mejorar su aspecto, su resistencia a la corrosión y su higiene. El electropulido se basa en aplicar una corriente eléctrica a una pieza de acero inoxidable sumergida en una solución de electrolito, que suele ser una mezcla de ácidos. La corriente eléctrica provoca que el metal se disuelva selectivamente en la solución, eliminando las irregularidades, las impurezas y las capas superficiales de óxido. El resultado es una superficie más lisa, brillante y uniforme, que tiene una capa protectora de óxido de cromo más gruesa y estable. Esta capa protectora hace que el acero inoxidable sea más resistente a la corrosión, al desgaste, a la adherencia de suciedad y a la proliferación de microorganismos [58].

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo por medio de electropulido.

Materiales

1. Acido Orto fosfórico al 85%
2. Ácido Nítrico 0,1M
3. Ácido sulfúrico al 98%
4. Hidróxido de sodio (Soda caustica)
5. Batería de 30 Voltios con sus respectivos cables de conductividad
6. 3 recipientes para inmersión
7. 3 piezas de tubería en acero inoxidable 316
8. Termómetro
9. Placa de calentamiento
10. Pinzas de cobre o bronce
11. Mechero

El electropulido es una técnica utilizada con el fin de mejorar las propiedades fisicoquímicas de una tubería cómo también lo es su apariencia, una de estas principales importancias es que disminuye la micro rugosidad de las tuberías dando un acabado brillante y liso a la pieza. Los buenos resultados del electropulido dependen en gran medida de una adecuada preparación del acero y un buen manejo de la temperatura, esto es, limpiar y desengrasar la superficie mientras se calienta la solución de ácidos a una temperatura de 60°C, para ello se utilizan productos alcalinos y/o disolventes que dejan la superficie libre de grasa y suciedad, posteriormente se debe enjuagar la pieza con el propósito de eliminar estos productos de la superficie disolviéndolos.

En el interior del recipiente el polo negativo de la fuente se conecta a las placas catódicas de acero inoxidable, mientras que la pieza a electropulir es fijada a una rejilla o pinzas de cobre o bronce que están conectadas al polo positivo convirtiéndose de esta manera en el ánodo. Las terminales tanto positivas como negativas quedan sumergidas dentro del electrolito y generan un circuito eléctrico cerrado que permita la transferencia de iones. Para conseguir dichos resultados y poder evidenciar su calidad se van a realizar 3 pruebas y tomando como referencia un estudio realizado por la universidad pedagógica en la que se clarifica las opciones de realizar un proceso de electropulido en las que mediante una celda electrolítica se van a utilizar una mezcla con concentraciones de ácido orto fosfórico al 85% y ácido sulfúrico al 98% en una proporción de 20% agua, 15% y 65% respectivamente para continuar con una prueba de proporcionalidad de 20% agua, 40% y 40% al obtener resultados se van a realizar una última concentración de 20% agua, 65% y 15%, en todas las pruebas la pieza tendrá que estar en una exposición de 4 minutos a la solución acida y una circulación de corriente con densidad que varían desde 5 hasta 30 A definiendo una corriente de 20A y una temperatura de 60°C ya que al ser una mezcla de ácidos concentrados la alta exposición puede deteriorar el material dejando una tubería más delgada volviéndola susceptible a fraccionamientos en el transcurso del tiempo.

Estas pruebas se van a realizar con el fin de identificar la importancia de cada uno de los ácidos en el proceso de electropulido y sus resultados visuales de la tubería. Para poder realizar el proceso de sellado del electropulido la pieza debe tener un tiempo de inmersión en hidróxido de sodio de 2 minutos asegurándose el producto esté en contacto con la pieza en todo momento.

En el proceso de electropulido ocurren reacciones químicas secundarias las cuales producen fosfatos y sulfatos, que difícilmente son eliminadas con la neutralización, por esta razón debe

hacerse un tratamiento posterior con ácido nítrico que disuelve estos productos químicos secundarios, de esta manera se asegura una superficie consistente e higiénica para usos posteriores. Inmediatamente después se hace un lavado con agua caliente a 60°C que tiene el propósito de elevar la temperatura de la pieza para lograr un secado casi instantáneo al momento de desmontar la pieza de la rejilla. Las piezas que presenten mejores resultados se van a utilizar para la tercera y última prueba de laboratorio en la que se va a exponer la tubería a algún alimento lácteo.

3. RECURSOS

Las entidades que se encuentran vinculadas al proyecto se reconocen a la Universidad de América en la que aporta con sus instalaciones, laboratorios y materias primas requerida en las prácticas realizadas, cómo lo son insumos químicos y equipos requeridos. También se cuenta con el apoyo de docentes en la vinculación del conocimiento para solución de inquietudes.

La empresa Alpina Productos Alimenticios cuenta con laboratorios en los que se permite realizar pruebas microbiológicas y pruebas físicas de tuberías y piezas metálicas, aportan con su conocimiento en el negocio de los lácteos y patrocinan la inversión de las pruebas microbiológicas, equipo generador de agua electrolizada, materias primas requeridas tales como: Dotación, material de laboratorio, expertos en microbiología, en limpieza y desinfección industrial, equipos industriales y procesamiento de muestras.

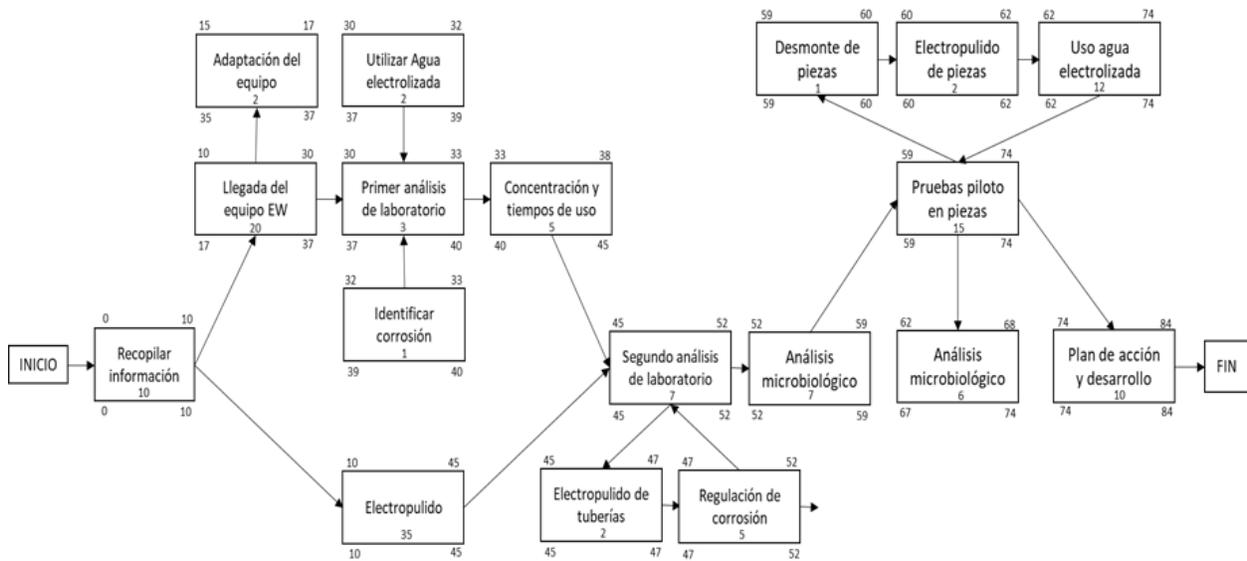
El ponente, aporta filtración y ejecución del conocimiento recopilado para favorecer al avance del proyecto, inversión en materiales externos de uso personal para pruebas de laboratorio en las instalaciones de la Universidad de América. El tiempo de inversión al proyecto y el compromiso por efectuar las actividades propuestas en el proyecto para ofrecer conocimiento de valor a la industria de alimentos lácteos.

4. CRONOGRAMA

Las actividades propuestas van enfocadas al diseño metodológico del proyecto para utilizar el agua electrolizada de una manera segura, regulando la corrosión y verificando resultados microbiológicos en tuberías de acero inoxidable 316. El mes 1 corresponde las actividades preliminares deberían conocimiento requerido para el proyecto, el mes 2 hace referencia al proceso de electropulido de piezas metálicas y acciones mecánicas que con llevan a obtener resultados satisfactorios, el mes 3 va enfocado a pruebas microbiológicas que permitan identificar que el agua electrolizada cumple con sus propiedades desinfectantes, Para el cuarto y último mes se organizará la información propuesta para la presentación de resultados y conclusiones del proyecto.

Figura 7.

Método de la Trayectoria Crítica de actividades para el desarrollo del proyecto .



Nota. El método de la trayectoria Crítica es altamente utilizado en el diseño de un plan de control de tiempos que permitan identificar la disponibilidad de tiempo por actividad.

Tabla 1.

Cuadro representativo de cronograma según fechas estipuladas.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Recopilación de información del agua electrolizada, corrosión y electropulido	PRESENTANTE	■															
Diseñar plan de acción eficiente para realizar el electropulido a las tuberías	PRESENTANTE	■	■	■	■	■	■										
Primer análisis de laboratorio en el que se analiza la presencia de corrosión en piezas utilizando el Agua Electrolizada	PRESENTANTE			■	■												
Definir las concentraciones y tiempos optimas de uso que permitan utilizar el agua electrolizada de manera segura	PRESENTANTE				■	■	■	■									
Realizar análisis microbiológico de coliformes, mohos, levaduras y mesofilos para determinar la calidad e inocuidad de las tuberías	PRESENTANTE								■								
Análisis microbiológico de tuberías desmontables que garanticen la calidad e inocuidad	PRESENTANTE									■	■	■	■				
Desarrollar plan de acción que garantiza la calidad de los equipos utilizando agua electrolizada	PRESENTANTE													■	■	■	
Presentación del Proyecto	PRESENTANTE																■
Porcentaje de avances		5%	10%	15%	30%	40%	50%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	FIN

Nota. Tabla de contenido y tiempos de trabajo según cronograma que permite tener un control claro de las fechas y tiempo de duración de las actividades a realizar en la presentación del proyecto.

5. PRESUPUESTO

Los costos asociados al proyecto describen las necesidades que requieren una inversión en la ejecución del proyecto en los que se tienen en cuenta: materias primas, insumos, equipos y conocimientos externos que van a aportar al desarrollo del proyecto en función de lograr los objetivos. Para el presupuesto de este proyecto se tienen en cuenta la entidad educativa Fundación Universidad de América, la empresa productora de alimentos Alpina productos alimenticios S.A y el proponente del proyecto, distribuidos según se especifica en las siguientes tablas de costos.

Tabla 2.

Costo de inversión para alquiler del equipo.

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS					Fuente financiadora
DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	MONTO	2023	
Generador de Agua Electrolizada	El equipo generador de agua electrolizada obtenido al proveedor EW 3 es el encargado de generar las soluciones a utilizar		\$ 11,000,000	\$ 33,000,000	Alpina
				\$ 33,000,000	costos totales

Nota. Costo por el alquiler de un equipo generador de insumos para limpieza y desinfección en la industria láctea teniendo en cuenta su inversión. Tomado de E. TECH, «ECOLIM BM,» 25 Noviembre 2022. [En línea].

Tabla 3.*Costo de inversión para insumos químicos utilizados.*

MATERIALES E INSUMOS					Fuente financiadora
DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	MONTO	2023	
Tubería de acero inoxidable 2in diámetro y 50cm largo	Para realizar el proceso de electropulido a nivel laboratorio es necesaria una pieza del mismo material utilizado en las tuberías de la línea a evaluar	1	\$ 86,900	\$ 86,900	Proponente
Fenolftaleína 100g	Para realizar una correcta titulación es importante utilizar un indicador, en este caso permite titular hidróxido de sodio para definir concentraciones de uso	1	\$ 190,400	\$ 190,400	Alpina
vaso precipitado 250 mL	Se utiliza para determinar el volumen necesario de un fluido el cual va a ser titulado	12	\$ 12,000	\$ 144,000	Alpina
Pinza con nuez para bureta	Esta pieza permite fijar la bureta para el proceso de titulación por goteo	12	\$ 50,000	\$ 600,000	Alpina
Soporte universal	El soporte permite mantener la bureta	3	\$ 90,000	\$ 270,000	Alpina

	inmóvil en posición vertical utilizando la Nuez como sujetador				
Bureta	Se utiliza para incorporar mediante goteo una solución alcalina o acida que permitirá realizar el proceso de titulación correctamente	12	\$ 80,000	\$ 960,000	Alpina
Ácido clorhídrico 0.1N 1L	Se utiliza en la bureta para realizar el proceso de titulación de la solución alcalina ECOLIM	3	\$ 98,672	\$ 296,016	Alpina
Yoduro de Potasio	Se utiliza como indicador en el proceso de titulación de solución desinfectante ECODES	1	\$ 98,654	\$ 98,654	Alpina
Ácido acético glacial	Se utiliza como indicador en el proceso de titulación de solución desinfectante ECODES	1	\$ 78,564	\$ 78,564	Alpina
Tiosulfato de sodio 0.1N	Se utiliza como indicador en el proceso de titulación de solución desinfectante ECODES	1	\$ 98,567	\$ 98,567	Alpina

Almidón	Se utiliza cómo indicador en el proceso de titulación de solución desinfectante ECODES	1	\$ 79,564	\$ 79,564	Alpina
Ácido sulfúrico 98%	El uso de ácidos puros a altas concentraciones permite obtener un electropulido más eficiente y permite proteger la capa presente en la tubería de acero inoxidable 316	1	\$ 100,510	\$ 100,510	Universidad de América
Ácido fosfático 85%	El uso de ácidos puros a altas concentraciones permite obtener un electropulido más eficiente y permite proteger la capa presente en la tubería de acero inoxidable 316	1	\$ 115,450	\$ 115,450	Universidad de América
Hidróxido de sodio	En el proceso de neutralización al electropulido, se fijan las moléculas a la pieza al sumergir el producto en la solución	1	\$ 132,000	\$ 132,000	Alpina
				\$ 3,118,625	costos totales

Nota. Para unas correctas pruebas de laboratorio se debe cumplir con las necesidades específicas de cada uno de los procesos realizados, esto requiere tener los materiales y el costo total de inversión requerida para obtener los resultados satisfactorios.

Tabla 4.

Costo de inversión para estudios tecnológicos de resultados microbiológicos.

SERVICIOS TECNOLOGICOS					Fuente
DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	MONTO	CANTIDAD	2023	financiadora
Análisis Listeria MDS frotis	Los casos de contaminación por listeria demuestran la importancia del mantenimiento de las condiciones en los equipos para preservar la seguridad de los alimentos.	\$ 35,915	140	\$ 5,028,100	Alpina
Luminómetro frotis	Un análisis de luminómetro es requerido cuando en la superficie de una tubería o tanque se quiere identificar si hay o no presencia de material orgánico	\$ 9,552	140	\$ 1,337,280	Alpina
Análisis de Coliformes	la presencia de coliformes totales en	\$ 2,604	140	\$ 364,560	Alpina

	los alimentos indica deficiencia en prácticas de sanidad y un proceso de desinfección incorrecto.				
Análisis mohos y levaduras (Petri film)	sí hay presencia de mohos o levaduras representa humedad en el medio por deficiencia en la calidad de lavados	\$ 3,956	140	\$ 553,840	Alpina
Salmonella mediante frotis	se realiza análisis de Salmonella para controlar microorganismos patógenos en las tuberías	\$ 29,459	140	\$ 4,124,260	Alpina
Laboratorio externo	después de realizar el proceso de electropulido se realiza un análisis en el que se permita identificar si los resultados de la corrosión disminuyen	\$ 4,500,000	1	\$ 4,500,000	Alpina

	\$ 85,848
Numero de pruebas	140
Numero de meses	2

\$ 12,018,720	costos por mes
\$ 24,037,440	costos totales

Nota. Las pruebas de microbiología son un factor crítico en los resultados de la efectividad del agua electrolizada, las pruebas a realizaran cuentan con un costo de materiales identificado para ser ejecutadas.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Detección y recopilación de información obtenida en las pruebas realizadas en la ejecución de un proyecto enfocado investigar las nuevas tecnologías que favorecen al crecimiento industrial

6.1 Pruebas de corrosión en tuberías vistas en la industria Láctea

Para analizar el comportamiento del producto EcoLim en las tuberías del CIP se realizaron unas pruebas en las que se expone el material a unas concentraciones diferentes del EcoLim por tiempos entre 2 a 16 minutos en intervalos de 2 minutos simulando la exposición que va a tener el producto en los procesos de limpieza con el fin de analizar que tanto es el daño por corrosión en las piezas para así identificar el tipo de corrosión que se encuentra presente en las piezas y cómo mitigar o controlar su deterioro. Al identificar las concentraciones con mejores resultados se tendrá en cuenta la temperatura la cual juega un papel muy importante en los procesos de limpieza ya que para el uso de soda caústica (EcoLim) las temperaturas promedio que se están utilizando rondan los 70°C dando un área de estudio más específica ya que la corrosión se tendría que controlar en altas temperaturas.

La práctica de laboratorio ofreció resultados que permiten identificar que las concentraciones a las que el producto es producido por el EW TECH S.A.S se manejó a 3800 ppm en la que se evaluaron 3 tipos de materiales en tuberías los cuales fueron acero inoxidable, acero galvanizado y acero al carbón, estos materiales se expusieron al producto EcoLim durante intervalos de 2 minutos hasta un tiempo total de 16 minutos en los que no se identificó presencia de corrosión por tal motivo se procedió a calentar la muestra a 67°C identificando que la temperatura para este caso no está acorde con el tema de la corrosión ya que no se presentaron variaciones en los resultados de corrosión al incrementar la temperatura.

Por conocimientos de los operarios los cuales estuvieron al tanto del desarrollo de laboratorio se informó que el EcoDes presentaba más complicaciones en el proceso de corrosión visualizando varias zonas del del proceso por donde pasa el producto se evidencia que la corrosión es visualmente complicada por el área externa del proceso , este proceso permitió aceptar el estudio del EcoDes en el proceso de corrosión en el cual se expuso 3 piezas de materiales metálicos las cuales fueron: acero inoxidable, acero galvanizado y acero al carbón a una concentración de 996 ppm, concentración a la que el producto es producido por el equipo. Para este equipo se busca

manejar temperaturas ambientes con el fin de identificar su velocidad de reacción ya que según las recomendaciones de EW TECH S.A.S. se puede manejar el producto a temperaturas ambientes.

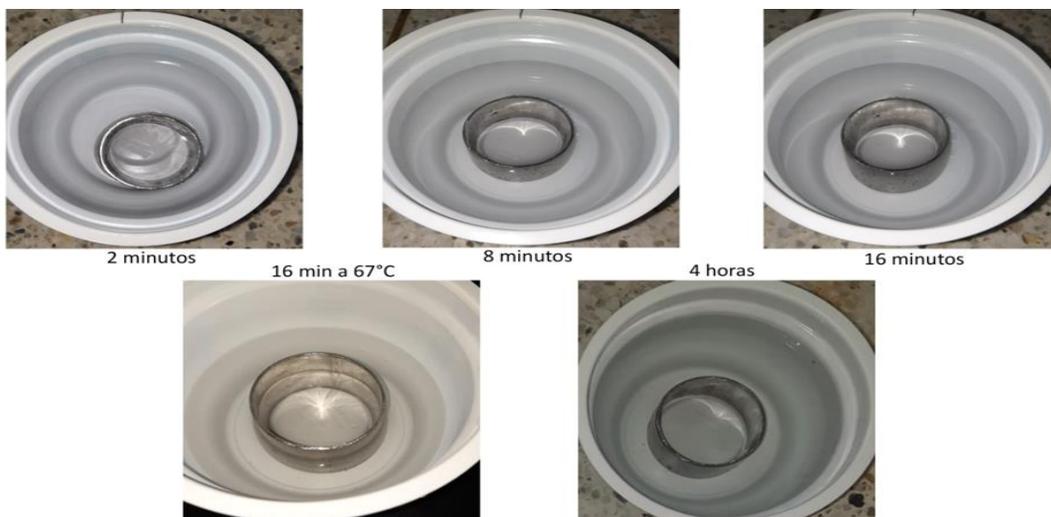
Para la práctica de laboratorio se utilizaron 110 mL de muestra a una concentración de 996 ppm las cuales fueron calculadas mediante las sugerencias de titulación que ofrece la empresa [55]. Este proceso se llevó a cabo con los 3 materiales que se tenían en disponibilidad y los cuales cuentan con una interacción directa con materias primas los cuales fueron acero inoxidable, acero galvanizado y acero al carbón en estos metales se registró los resultados a los 5, 10, 20, 30, 50 min y 4 horas en los cuales se evidenció corrosión desde el primer momento que la pieza se expuso al producto EcoDes.

6.2 Acero Inoxidable

El material por excelencia más utilizado en los procesos de industriales debido a sus aleaciones en un porcentaje de hierro y carbón el cual no puede exceder el 2%, este material es el más usado por la empresa para los procesos de CIP y por tal motivo se tuvo presente en las pruebas realizadas. Los resultados obtenidos por este material en la prueba permitieron identificar algunos aspectos importantes para tener en cuenta.

Figura 8.

Exposición de tubería en acero inoxidable a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.

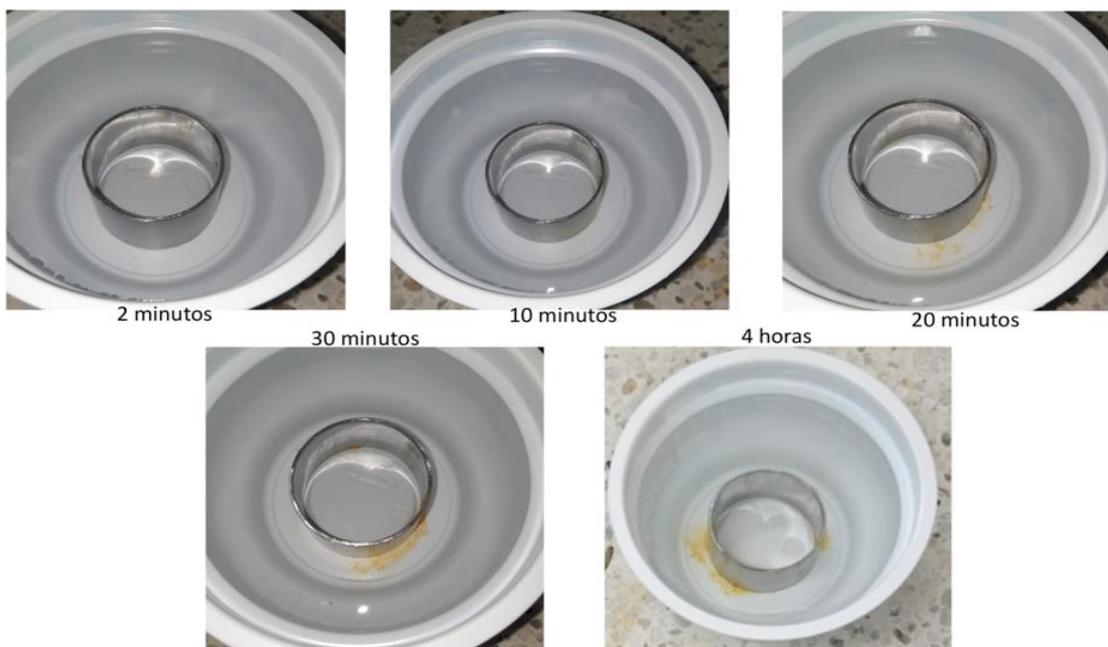


Nota. La figura muestra los resultados de pruebas mecánicas de corrosión en la tubería de acero inoxidable al ser expuesta a la solución EcoLim (Hidróxido de Sodio).

Cómo se puede evidenciar en la **Figura 7** en el tiempo de exposición progresiva no hay presencia de corrosión en el material teniendo en cuenta que el producto fue utilizado en una concentración de 3800 ppm, esta concentración es a la que el equipo saca el producto, se realizaron los mismos procesos calentando el producto a una temperatura de 67°C simulando el uso del producto el cual se calienta para tener una mejor eficiencia del producto y se identificaron que a altas temperaturas el comportamiento de los materiales no presenta corrosión. Para el uso del producto EcoDes el material si presentó una respuesta rápida de corrosión en poco tiempo cómo se evidencia a continuación.

Figura 9.

Exposición de tubería en acero inoxidable a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.



Nota. La figura muestra los resultados de pruebas mecánicas de corrosión en la tubería de acero inoxidable al ser expuesta a la solución EcoDes (Acido Hipocloroso).

Como se puede evidenciar en la **Figura 9**. hay presencia de corrosión disuelto en el líquido a una exposición de 10 minutos al producto, esta corrosión fue evidente en pequeñas partes del tubo las cuales presentaron una decoloración del fluido debido. teniendo en cuenta que el acero inoxidable es una aleación de metales se puede identificar que la corrosión es mínima en cuestión del tiempo ya que a las 4 horas la corrosión sigue siendo mínima y que su mayor zona de exposición es en la

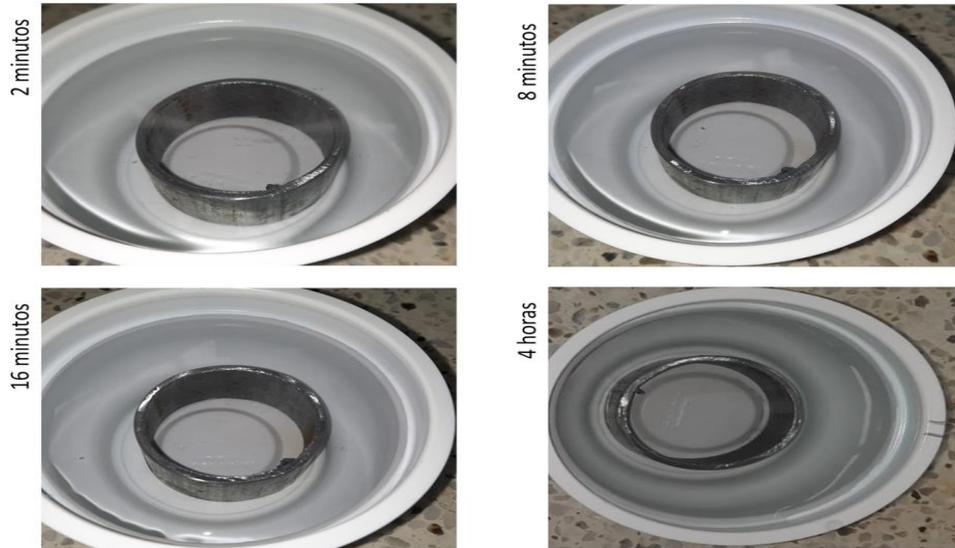
parte media del material en el cual no se presenta la capa pasivadora que recubre al material en protección de la pieza. esto puede ser una problemática a largo plazo en el que esa capa pasivadora va perdiendo capacidad de proteger el material, teniendo en cuenta que este tipo de metales tienen un 2% de carbono podría ser un punto interesante para tener en cuenta en el estudio .

6.3 Acero Galvanizado

El acero galvanizado es un elemento de acero recubierto por varias capas de zinc mediante un proceso que ayuda a proteger la pieza de la oxidación. Para la prueba realizada se realizó debido a su recubrimiento en el que se busca identificar su comportamiento a la exposición del producto, este material no es muy usado en el proceso industrial, pero se pudo utilizar como comparación para los análisis. Su comportamiento con el EcoDes fue identificado en el desarrollo como la capacidad que tiene el producto en la limpieza. Durante los primeros momentos de la prueba la pieza no presentó ninguna interacción con la pieza, pasados cierto tiempo se evidenció una mínima mancha amarilla en el líquido en el cual se supuso que era presencia de corrosión, tiempo después se identificó que la mancha no tuvo mayor movimiento y se supuso que era presencia de suciedad en la pieza la cual había sido desprendida en por el producto de la pieza como se evidencia en la siguiente imagen.

Figura 10.

Exposición de tubería en acero galvanizado a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.



Nota. La figura muestra los resultados de pruebas por contacto de corrosión en la tubería de acero galvanizado al ser expuesta a la solución EcoLim (Hidróxido de sodio).

Para este paso se identificó que no hay presencia de corrosión en el material de acero galvanizado ya que se descarta la presencia de pequeñas manchas identificadas como suciedad en la pieza y que su exposición al producto por un tiempo aproximado de 4 horas no afecta en ninguna parte la pieza. Para el uso del producto EcoDes el cual es considerado el producto más corrosivo se expuso el material a una concentración de 996 ppm, la concentración a la cual el producto lo genera el equipo, en esta parte del proceso se evidenció que el material no tuvo ningún problema a la exposición del producto por corrosión.

Figura 11.

Exposición de tubería en acero galvanizado a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.



Nota. La figura muestra los resultados de pruebas por contacto de corrosión en la tubería de acero galvanizado al ser expuesta a la solución EcoDes (Acido Hipocloroso).

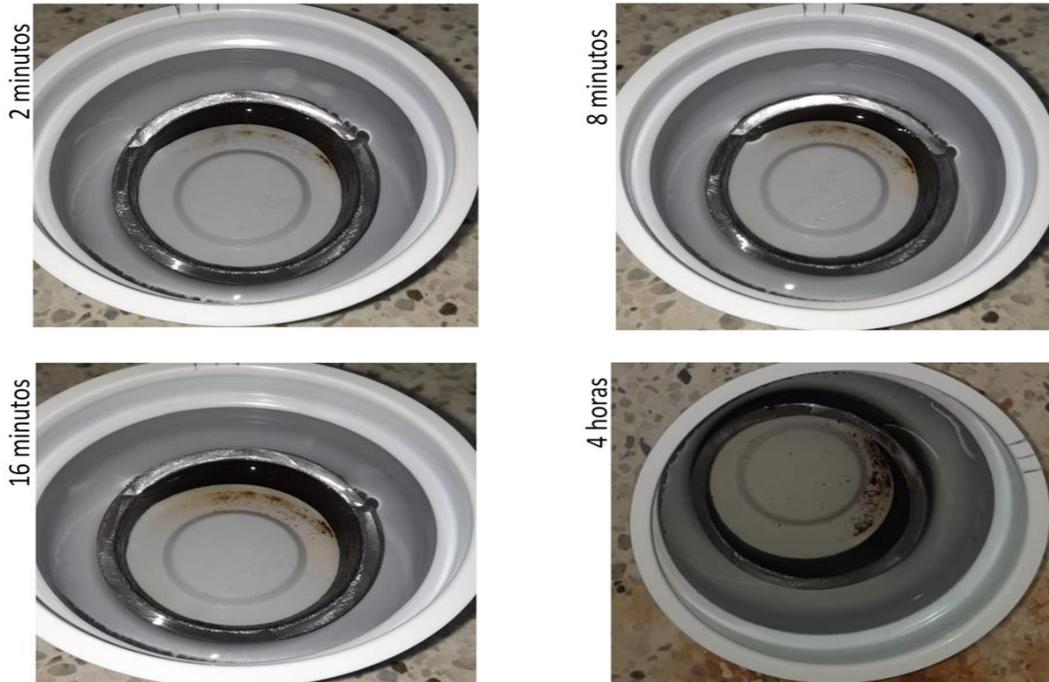
En esta parte del proceso se puede entrar a un momento comparativo en el que los resultados entre el acero galvanizado y el acero inoxidable presentan variaciones en las cuales no se evidencia corrosión en el material galvanizado y si en el inoxidable, la diferencia entre estos dos materiales es que el acero inoxidable no presenta carbón en su aleación.

6.4 Acero al Carbón

Este material es un tipo de acero que contiene carbono como su nombre lo indica, cuando el hierro esta aleado con el carbono se le llama acero al carbono, aunque el principal componente es el carbono también se encuentra aleado con otros elementos como el hierro y el manganeso, esta aleación se realiza para permitirle al metal ser más maleable al momento de realizar algún uso industrial, en el estudio del comportamiento del material a la exposición del producto EcoLim se evidencia principalmente su capacidad de limpieza en la pieza ya que retiró pequeñas cantidades de suciedad en la pieza.

Figura 12.

Exposición de tubería en acero al carbón a producto EcoLim de EW TECH S.A.S.

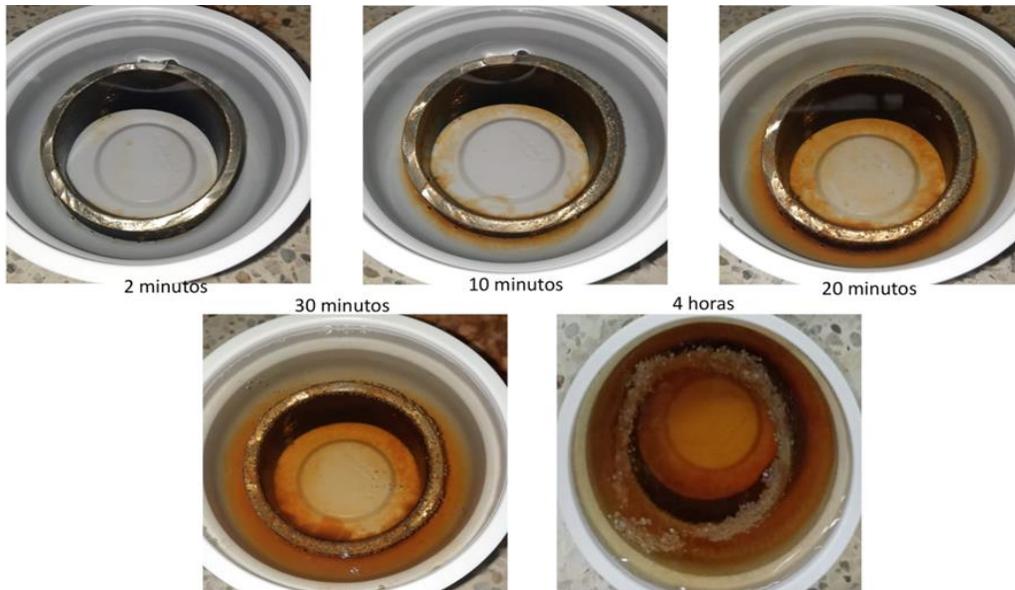


Nota. La figura muestra los resultados de pruebas por contacto de corrosión en la tubería de acero galvanizado al ser expuesta a la solución EcoLim (Hidróxido de sodio).

El acero al carbón es el producto más fácil de corroer en el estudio realizado y no se evidenció presencia de corrosión en la muestra, si se evidenció bastante desprendimiento de suciedad en la pieza dando un punto a favor en la calidad del producto para la limpieza de las piezas teniendo una concentración de 3800 ppm es un producto el cual se puede utilizar a concentraciones altas ya que el material más débil estudiado no lo corroe en tiempos aproximados de 4 horas ya que fue el tiempo exagerado de simulación en un proceso de limpieza. Esta misma pieza fue sometida al producto EcoDes en la cual se evidenció una gran cantidad de resultados interesantes.

Figura 13.

Exposición de tubería en acero al carbón a producto EcoDes de EW TECH S.A.S.



Nota. La figura muestra los resultados de pruebas por contacto de corrosión en la tubería de acero al carbón al ser expuesta a la solución EcoDes (Acido Hipocloroso).

Como se puede ver en la figura Imagen 6 el material muestra resultados de corrosión rápidamente a comparación de los otros materiales utilizados eso afianza lo corrosivo que es el producto EcoDes en piezas metálicas, ya que en un tiempo de 4 horas de exposición la corrosión de la pieza es bastante. Esta muestra se hizo con la misma concentración de producto que todas las otras a 996 ppm, ya que el material en su principal material es el carbón se puede identificar que el producto interactuó principalmente con aleaciones que en su estructura presentan carbón.

5 días después

Para completar el estudio de laboratorio se dejó expuesta las piezas de metal al producto EcoDes y EcoLim durante 5 días más en los que se puede seguir analizando los resultados obtenidos los cuales confirmar la presencia de corrosión más avanzada y en los materiales cómo se evidencia a continuación.

Figura 14.

Exposición de tuberías a producto EcoDes y EcoLim de EW TECH S.A.S.



Nota. La figura muestra los resultados de corrosión en la superficie de las tuberías después de un tiempo de 5 días, en los dos tipos de insumos usados (EcoLim y EcoDes) y los respectivos materiales usados: acero al carbón, acero galvanizado y acero inoxidable.

La **Figura 14.** demuestra lo corrosivo que es el producto EcoDes en las piezas de metal presentando corrosión por picaduras en el acero inoxidable, desintegrando considerablemente el acero al carbón, siendo los dos materiales que presentan mayor problemática con este producto. por otro lado, la exposición del acero galvanizado no presentó ni un mínimo porcentaje de corrosión, dando fe de que este tipo de material el cual no presenta carbón en su aleación no permite la corrosión o que el galvanizado de la pieza permita una mejor interacción con el producto EcoDes, dando paso a otros posibles estudios que permitan entender mejor la interacción de este tipo de material con el producto a utilizar.

Para el otro producto, EcoLim, se evidencia presencia de corrosión en la pieza hecha de acero al carbón lo cual en los primeros estudios se había considerado cómo suciedad dejando sin validez

el argumento supuesto anteriormente, para las piezas de acero inoxidable y acero galvanizado no presentaron corrosión manejándose a concentraciones de 3.000 ppm, teniendo en cuenta que las tuberías de acero al carbón no son utilizadas en los CIP, no habrá problemáticas al utilizar el producto EcoLim ya que los resultados de corrosión fueron satisfactorios y permite utilizar el producto a altas temperaturas y altas concentraciones.

6.5 Resultados Pruebas de Electropulido

Para el proceso de electropulido se tuvieron en cuenta las técnicas propuestas [24] en el que se utilizó un trozo de tubería 316 con una lámina de acero inoxidable 304 la cual se va a encargar de la transferencia de iones negativos a la pieza a electropulir. La prueba se realizó con 3 piezas completamente iguales de acero inoxidable 316 y se utilizaron en insumos químicos Ácido Sulfúrico 98%, Ácido Nítrico 65%, Ácido fosfórico 85% y una solución de hidróxido de sodio al 10%. Las láminas y los pedazos de tuberías se les realizó un proceso de limpieza superficial en el que se eliminó en mayor cantidad las partículas de mugre y suciedad en la pieza a electropulir [29]. Para la corriente energética se tuvo en cuenta 20 V los cuales los cuales al realizar la inmersión dentro del fluido generaron una baja de la conductividad dentro del fluido a 2.7V, esto se debe a las condiciones del medio [5].

Figura 15.

Piezas de tubería en acero 316 antes del proceso de electropulido (Ánodo).

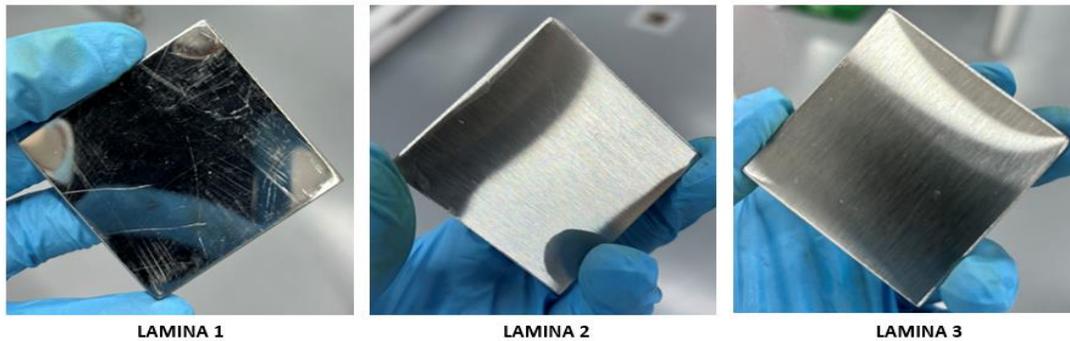


Nota. La figura muestra 3 piezas de acero inoxidable 316 en el cual se va a realizar las pruebas de electropulido donde se permita identificar un cambio visual de apariencia.

Por otro lado, se utilizaron 3 láminas de acero inoxidable 304 las cuales fueron utilizadas para completar la interacción iónica de partículas metálicas dentro de la celda electrolítica [29] estas piezas van a liberar iones negativos los cuales se van a adherir a la pieza en la cual se está realizando el electropulido.

Figura 16.

Láminas de inmersión antes del electropulido (cátodo).

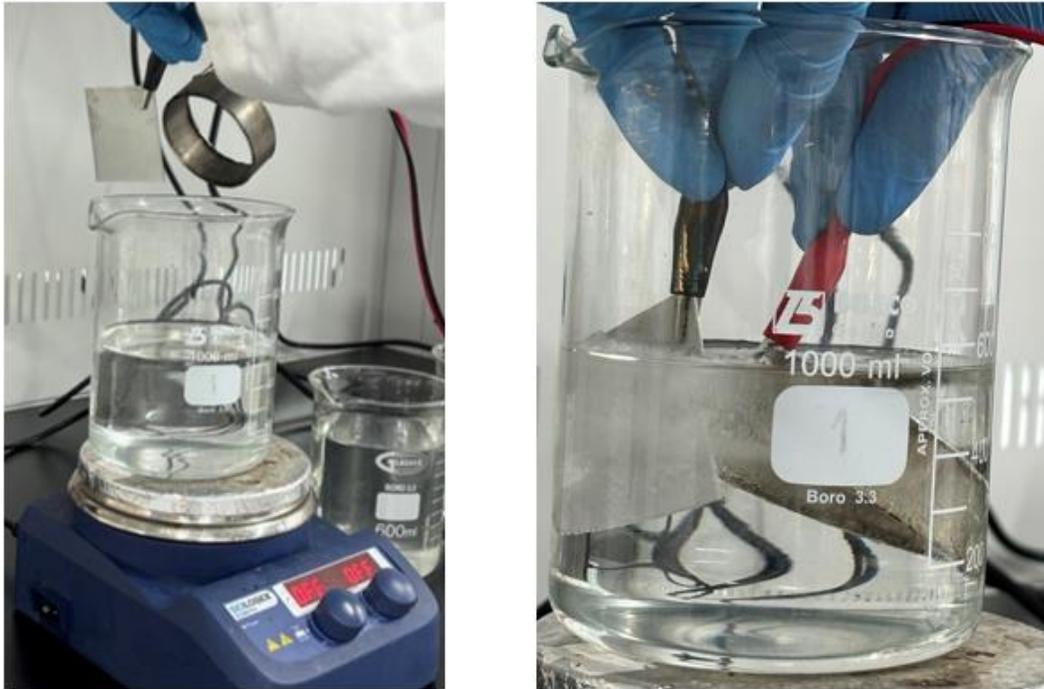


Nota. En un proceso de electrolisis es requerido un material que cede electrones a la pieza a electropulir, por tal motivo se utilizan 3 piezas de acero inoxidable 304 para cerrar el ciclo catalítico en la tubería.

Para el proceso de electropulido se anclaron las piezas a una fuente energética en la cual la pieza a electropulir fue conectada a la carga positiva de la batería y la lámina de acero la cual será la encargada de ceder iones se conecta en la carga negativa. Este procedimiento se realiza para cerrar la conductividad eléctrica y permitir una conductividad correcta en el medio el cual se utilizó para el primer experimento una concentración ya definida de 15% ácido sulfúrico, 65% ácido fosfórico y 20% de agua. El diseño de la celda electrolítica se realizó en un vaso de precipitado de 1L en el que se realizó la inmersión de manera manual asegurando que las piezas estén totalmente inmersas en la solución, permitiendo asegurar que la mayor cantidad de superficie de la pieza sea electropulida.

Figura 17.

Primera inmersión de piezas en solución de ácidos.



Nota. En el proceso de electrolisis se evidencia una inmersión en una mezcla de ácidos para la mejora de la micro rugosidad de las piezas conectadas a una corriente.

Una vez realizada la inmersión en el vaso precipitado, se evidenció la presencia de burbujas en la parte que se encuentra en contacto con la pieza, esto se debe a que se produce la evolución de oxígeno y las burbujas generadas quedan atrapadas en la superficie de la pieza. Para valores de tensión menores a 2,75 V las burbujas de oxígeno quedaban atrapadas en la superficie de las probetas, por lo que tales condiciones de trabajo fueron descartadas [5]. Para nuestra prueba de laboratorio a una tensión de 2.70 V, fue posible evidenciar presencia de burbujas en la superficie, dando como resultado un correcto electropulido de la superficie a evaluar.

Transcurrido el tiempo la solución de ácidos se tornó de color verde, esta coloración es debido a la presencia de sales de molibdeno presentes en la composición del acero inoxidable ya que cuentan con un 0,08% de Carbono, 0,75% de Silicio, 2% de Magnesio, 0,04% de Potasio, 0,03% de Azufre, 16-18% de Cromo, 1-14% de Níquel, 2-3% de Molibdeno y 0,10% de Nitrógeno [60].

El desprendimiento de estas sales de la superficie del metal generó una solución de sales con ácidos, generando una capa verdosa en el vaso precipitado donde se encontraba la solución.

Figura 18.

Coloración verde por presencia de sales de molibdeno.

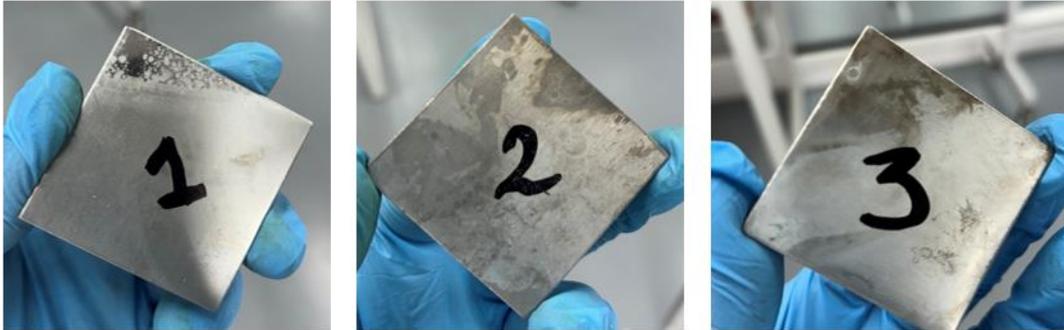


Nota. Las soluciones después de un proceso de electrolisis presentan una coloración con una variación visual de densidades entre los productos que genera una separación de materiales en el vaso precipitado.

Transcurrido el tiempo de inmersión en la solución acida, se retiran las dos piezas y se evidencian variaciones físicas en la lámina de acero inoxidable 304, tornándose de color opaco y manchado cómo se evidencia en la **Figura 18**, esto se debe a la pérdida de electrones en la superficie de la lámina por la respectiva conductividad energética en la celda ya que al estar interactuando con una solución de ácidos y energía suelta electros, los cuales se desprenden de la pieza y se transportan por el medio hacia la superficie de la pieza a electropulir.

Figura 19.

Láminas de acero inoxidable 304 después del proceso de electropulido.



Nota. Las piezas cuentan con un color opaco después de ser usadas las cuales muestran una señal de pérdidas de material en la superficie de la pieza debido a la electrolisis.

Posteriormente al proceso de electropulido, las piezas de la tubería cuentan con una capa amarilla en la superficie de la pieza cómo se evidencia en la **Figura 19**, este resultado fue visible en las 3 pruebas realizadas en las diferentes soluciones se evidenció que al utilizar ácido sulfúrico al 65% y ácido fosfórico al 15% la presencia de esta capa corrosiva fue mayor que al utilizar las otras dos soluciones y que al utilizar una concentración de ácido sulfúrico del 15% y ácido fosfórico al 65% no se evidenció una mayor cantidad de superficie corrosiva pero si un sellado de la superficie más definido. Este fenómeno físico es debido a la corrosión generada por la solución de ácidos sobre la pieza la cual genera una capa protectora sobre la pieza del electropulido [24].

Figura 20.

Pieza electropulida después de sacar de la celda electrolítica.



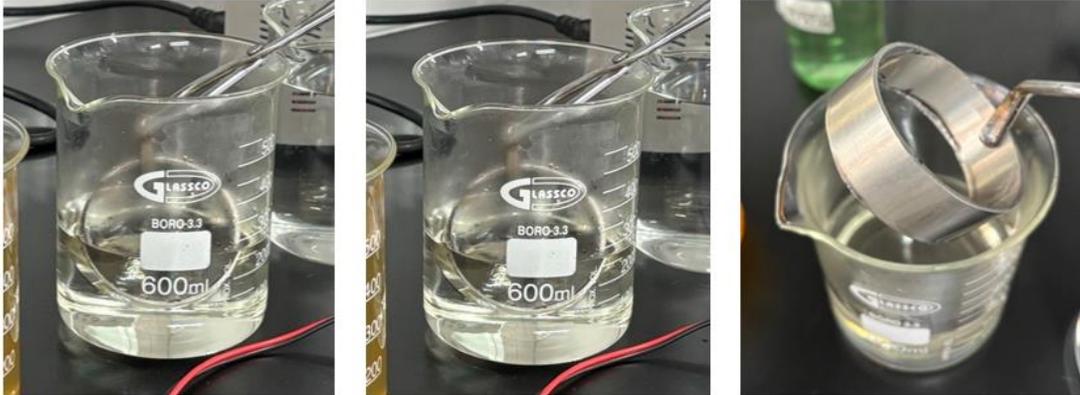
Nota. Las piezas después de ser extraídas de la celda de electrolisis y estar en contacto con el oxígeno del ambiente se evidencia una capa de corrosión en la superficie.

Para poder quitar esta capa de corrosión se realiza una inmersión en hidróxido de Sodio. El propósito de esta inmersión es quitar la parte corrosiva de la pieza y fijar el electropulido a la superficie de la tubería. El hidróxido de sodio al ser una solución alcalina separa y genera sales de fosfato y sulfato sobre la superficie de la pieza, la capa corroída se queda inmersa en la solución y la pieza de la tubería es retirada de manera en la que ya presenta una apariencia brillante y fija del electropulido [29].

Para poder retirar la presencia de sales en la superficie de la tubería se utiliza ácido nítrico, teniendo en cuenta que sus propiedades van ligadas a destruir la presencia de material inorgánico en una superficie cómo lo son, sales y metales [61]. Al realizar la inmersión de la pieza en el ácido se evidencia un resultado en la superficie del material brillante cómo se evidencia en la **Imagen19**, dando paso a una última inmersión en agua la cual funciona cómo un secador natural que permite obtener los resultados finales de la pieza.

Figura 21.

Inmersión de piezas en Ácido Nítrico para remisión de sales.



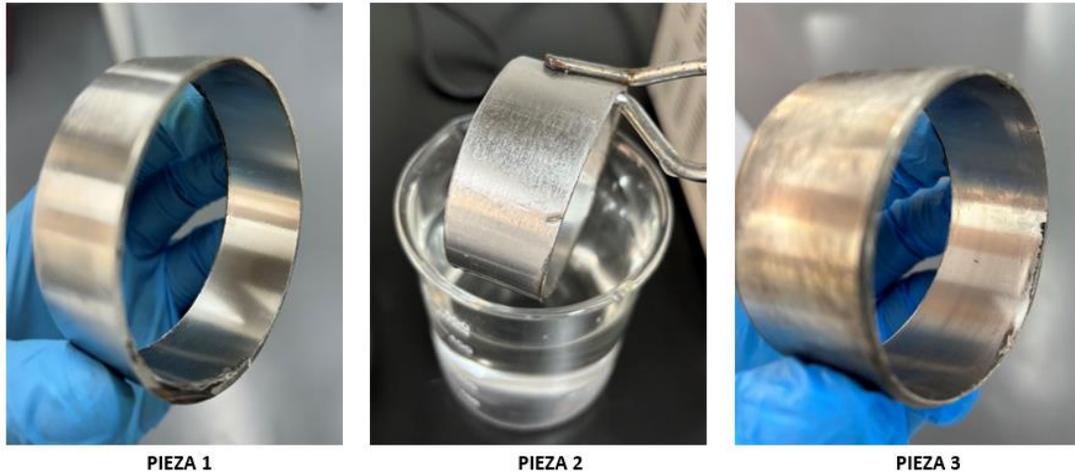
Nota. La figura evidencia una inmersión en Ácido Nítrico el cual permite aportar en el proceso de electrolisis eliminar impurezas de materiales en la superficie de la pieza que no hacen parte del resultado final.

Al finalizar el proceso de electropulido se logró evidencia que la parte en la que se sostuvo la pieza de la tubería con las pinzas en el proceso de electropulido, no fue satisfactorio los resultados ya que esta sección de la tubería no contó con los resultados del electropulido esperados, mostrando una mancha opaca sobre la pieza donde la interacción iónica del cátodo en el medio no logró ser completada de manera satisfactoria.

Los resultados de las piezas electropulida permiten identificar cómo mediante este proceso fisicoquímico, resultados de tubería más brillantes, más uniformes y con una apariencia lisa en la superficie. El uso de una lámina de acero 304 permitió dar una presentación brillante en la pieza de la tubería [5], el uso de una lámina de cromo permitiría los mismos resultados generando un valor agregado en la tubería, ya que se logra obtener un resultado de brillo espejo el cual genera una refracción de la imagen sobre la tubería, aunque teniendo en cuenta las propiedades del cromo, este puede llegar a ser cancerígeno al ser consumido por una micro separación de partículas dentro de la tubería al estar el producto en contacto directo con el material [17].

Figura 22.

Resultados de piezas después del electropulido.



Nota. Resultados finales de las piezas utilizadas en el proceso de electropulido en el que se utilizaron concentraciones diferentes de ácidos que permitieran encontrar variaciones en los resultados de la pieza final.

Para los resultados finales se evidenció que la pieza 1 presentó los mejores resultados utilizando una concentración de ácido fosfórico del 65% y ácido sulfúrico al 15%, en sus características se logra evidencia mejor brillo y menor rugosidad de la superficie, la segunda pieza cuenta con características como lo fueron, alto brillo en la superficie y una apariencia rugosa, para esta segunda prueba en la que se utilizó ácido sulfúrico y ácido fosfórico en proporciones del 40%. Por último, en la tercera pieza se logra identificar un resultado más opaco, una estructura con una rugosidad más baja que en la segunda pieza, en la que se utilizaron concentraciones de ácido sulfúrico al 65% y ácido fosfórico al 15%.

Según los resultados, se define que el uso de ácido fosfórico en mayores cantidades mejora la rugosidad de la superficie, el uso de las mismas concentraciones de ácidos mejora la apariencia brillante en la superficie de la tubería y, por último, el uso de ácido sulfúrico en mayor cantidad no genera resultados satisfactorios en apariencia de la tubería ya que no genera una capa brillante en la superficie, pero si genera una reducción en la rugosidad de la pieza.

6.6 Resultados Pruebas Microbiológicas

Para las pruebas realizadas se utilizaron cepas de microorganismos coliformes, previamente crecidos en cajas de Petri usando agar chromocult y se dejó en incubación a 35°C durante 1 día. Para la preparación del inóculo se utilizaron 300 mL de caldo BHI que fueron inoculados con la cepa de coliformes, para estandarizar la concentración se utilizó como referencia el patrón de McFarland 0,5 que corresponde a 1×10^8 UFC/mL. El patrón de McFarland permite mediante la turbidez de una solución, identificar la concentración aproximada de microorganismos presentes en una muestra los cuales se definen en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) [62]. Para las pruebas realizadas, se utilizó el Kit de la empresa Mol Labs como se muestra en la **Figura 23**.

Figura 23.

Patrón de McFarland utilizado para la medición de UFC en muestras.

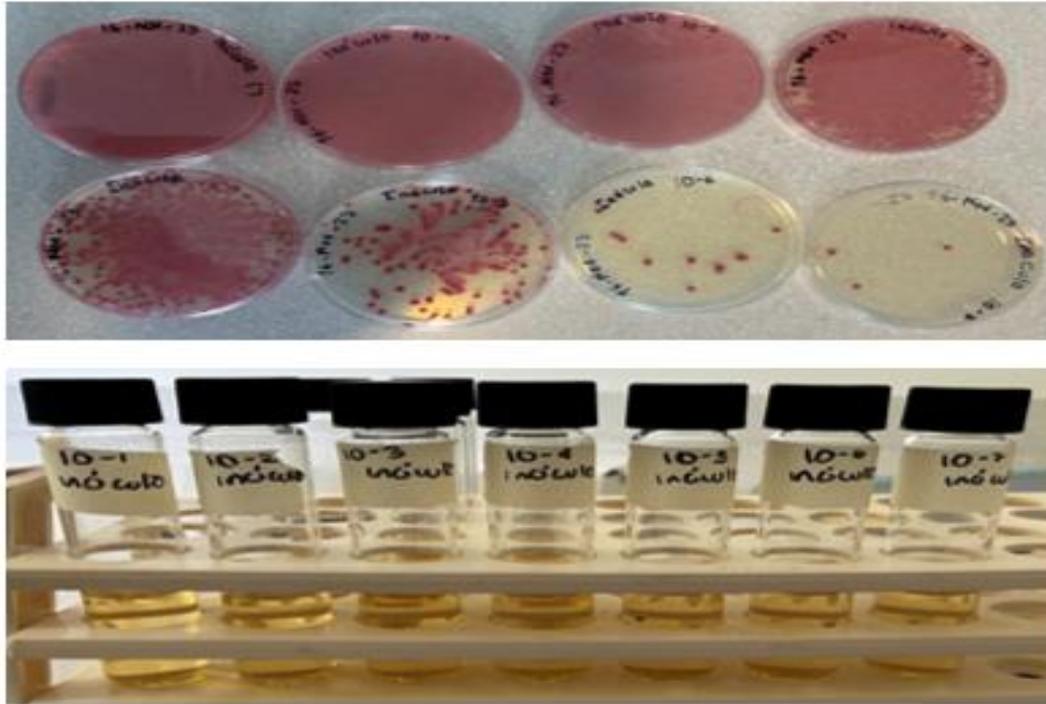


Nota. El patrón de McFarland es una técnica utilizada en los análisis de microbiología que permite identificar una concentración de microorganismos en una dilución.

Una vez estandarizado el inóculo se realizaron diluciones seriadas en base 10 hasta obtener un resultado de 1×10^1 UFC/mL, esto con el fin de tener un recuento del inóculo haciendo siembra en superficie de cada una de las diluciones en agar chromocult. Esto con el fin de confirmar la concentración del inóculo que se va a utilizar para contaminar la pieza electropulida de acero inoxidable 316.

Figura 24.

Diluciones seriadas del inóculo de coliformes.



Nota. Las cajas de Petri y las disoluciones que se evidencian en la imagen es el mecanismo que permite identificar el número de microorganismos en inocuo concentrado.

Los resultados de las siembras evidencian una disminución en la cantidad de colonias presentes en la muestra debido al efecto dilución, se evidencia a partir de la dilución 1×10^{-5} cuantificar el recuento de colonias en el agar chromocult. Cuantificar la concentración del inóculo, permite garantizar que el cultivo se encuentra listo para realizar la contaminación de la tubería con el fin de realizar pruebas de desinfectante cómo se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 5.

Resultados de inoculación de coliformes para pruebas microbiológicas.

DILUCION	RECUENTO	CONCENTRACION (UFC/mL)
1	Inoculo []	Incontable
2	1×10^{-1}	Incontable
3	1×10^{-2}	Incontable
4	1×10^{-3}	Incontable
5	1×10^{-4}	Incontable
6	1×10^{-5}	Incontable
7	1×10^{-6}	15×10^7
8	1×10^{-7}	4×10^8

Nota. La tabla representa las diluciones en las que se pudo cuantificar el inocuo haciendo una aproximación a la cantidad calculada en el inocuo concentrado.

Para el alistamiento del inoculo de coliformes, se confirmó la presencia de microorganismos que se encuentran en el rango de 4×10^8 inmersos en la solución de caldo BHI donde se va a realizar la inmersión de la tubería de acero inoxidable 316 para la prueba del desinfectante.

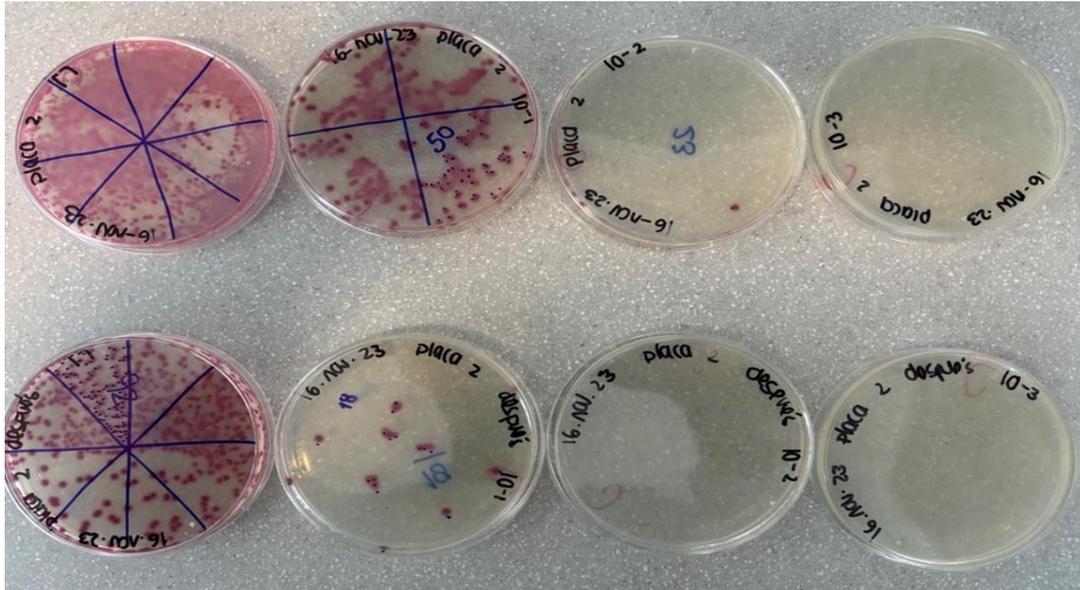
Posteriormente se sumergió en el inoculo preparado una pieza de tubería en acero inoxidable 316, la cual previamente se le hizo un proceso de electropulido anteriormente definiendo una concentración de uso de ácido sulfúrico 40%, ácido fosfórico 40% y agua al 20%. Se limpió, se esterilizó en autoclave y se dejaron sumergidas durante 5 min en caldo DHI inoculado con coliformes, luego se dejaron secar sobre un soporte de acero en una cabina de flujo laminar durante 20 min según se describe en la metodología propuesta por Deza, et al [26]. Con un hisopo humedecido en agua peptonada se hisopó la mitad de una cara interna y se inoculó 10 mL, luego

se colocó 1 mL de la solución en una caja de Petri con agar chromocult, posteriormente se realizó un efecto de dilución hasta la dilución de 1×10^{-3} para recuento de coliformes totales a 35°C por 24 h.

Se decidió evaluar la efectividad desinfectante EcoDes sumergiendo las placas inoculadas en agua electrolizada acida a 1,36 ppm en un tiempo de 5 min. Pasado el tiempo se emplearon hisopos rediswab en la mitad de la placa que no fue frotada inicialmente. Análogamente se usaron cajas de Petri para el conteo de coliformes totales después de la desinfección cómo se evidencia en la **Figura 25**.

Figura 25.

Recuentos coliformes antes y después de usar agua electrolizada (EcoDes).



Nota. Los recuentos en cajas de Petri permiten hacer un recuento de colonias según el número de puntos presentes en la caja y así comprar resultados obtenidos.

Para cuantificar el número de unidades formadoras de colonia se utiliza la ecuación anteriormente mencionada para definir la concentración del inocuo antes y después de la exposición al agua electrolizada acida (EcoDes). Para poder cuantificar los inocuos más poblados, se realiza un fraccionamiento de la caja de Petri en la que se enumeran el número de colonias presentes en una fracción y se multiplica el resultado por el número de fracciones divididas, para poder dar un dato

del número de unidades formadoras de colonia en la muestra cómo se logra evidenciar en la **Tabla6.**

Tabla6.

Resultados microbiológicos al utilizar agua electrolizada

DILUCION	RECUESTO	CONCENTRACION (UFC/mL)	DILUCION	RECUESTO	CONCENTRACION (UFC/mL)
Antes	Inoculo []	Incontable	Después	Inoculo []	7360
Antes	1×10^{-1}	2×10^4	Después	1×10^{-1}	$1,8 \times 10^3$
Antes	1×10^{-2}	$2,3 \times 10^4$	Después	1×10^{-2}	0
Antes	1×10^{-3}	0	Después	1×10^{-3}	0

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos en los conteos por dilución realizada que permite identificar y ofrecer resultados satisfactorios en los recuentos. Los resultados permiten identificar si hubo una disminución o un aumento en la cantidad de unidades formadoras de colonias en un Inocuo.

Los resultados antes de realizar la prueba del agua electrolizada demuestran que la cantidad de microorganismo que se adhieren a la superficie de la tubería fue entre 2×10^4 y 2.3×10^4 , analizando que hay una disminución en la cantidad de microorganismo que se adhieren a la superficie del material en un 42.5% del total de microorganismos presentes en el caldo BHI. Según los estudios realizados por Carro en los que define que al mejorar la rugosidad de la tubería mediante electropulido, evita que los microorganismos se adhieran en la superficie de las tuberías entre un 38% y un 63% teniendo en cuenta el voltaje utilizado en el proceso de electropulido [5].

Al definir la adherencia según el voltaje suministrado, se define que las 3 piezas a electropulir van a presentar las mismas propiedades de rugosidad en la superficie, dando como resultado que la variación entre las pruebas de electropulido fueron ligadas a una apariencia física en brillo. Para mejorar la rugosidad de la tubería según Carro se requiere que el valor óptimo de tensión a aplicar se encuentra en el rango de 4,3 a 4,5 V [5]. Al haber realizado las pruebas a 2,70V, se evidencia una baja corriente eléctrica proporcional a los resultados microbiológicos obtenidos ya que, al

aumentar el voltaje, mejoran las propiedades rugosas de la tubería disminuyendo el grosor de la tubería, volviéndola susceptibles a fracturas o fisuras [24].

Para un estudio realizado por Alpina productos alimenticios SAS, se evidencia que el uso de agua electrolizada a una concentración de 50 ppm genera un recuento posterior de microorganismos de 0 UFC/mL certificando sus propiedades desinfectantes al tener un recuento anterior de 2.3×10^9 [63]. Para la prueba realizada se evidenció una disminución de coliformes de $2,12 \times 10^4$ al utilizar el agua electrolizada a una concentración de 1.36mg/mL, se manejó una concentración baja de agua electrolizada la cual permitió identificar una disminución del 92% en los microorganismos presentes en la tubería después de la exposición al agua electrolizada.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo, se analizaron las características superficiales y la resistencia a la corrosión de piezas metálicas de tuberías en acero inoxidable AISI 316L electropulidas con ácido sulfúrico y ácido fosfórico. Se evaluó también la influencia de los parámetros del proceso de electropulido (voltaje, temperatura, tiempo, material del cátodo y microbiología). En base a los resultados obtenidos se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

El agua electrolizada tiene propiedades corrosivas debido a la presencia de Cloro libre en la solución acida EcoDes, permitiendo descartar la solución alcalina EcoLim como sustancia corrosiva al tener presencia de Sodio libre.

El uso de concentración de ácido sulfúrico 15% , ácido fosfórico 65% y agua 20% presentó los mejores resultados de electropulido en brillo y rugosidad de la tubería.

El uso de cátodos de acero inoxidable en lugar de cátodos de cobre permite la obtención de superficies con menor rugosidad y aseguramiento de calidad contra posibles contaminaciones del alimento lácteos procesado.

El uso del electropulido mejora la rugosidad de las tuberías, por tal motivo disminuye la posibilidad de adhesión de microorganismos a la pieza.

El uso del agua electrolizada presentó una reducción de más del 60% utilizando las mínimas concentraciones posibles de producto EcoDes.

Para el uso de agua electrolizada de manera segura, es deben realizar diluciones a una concentración 120 ppm según la norma colombiana NTC5245, un proceso de electropulido de las tuberías con Ácido Sulfúrico y Ácido Fosfórico que mejoran la apariencia brillante de la tubería, un voltaje entre 2.7V y 3.5V para mantener estables las propiedades de la tubería y que sea efectivo contra la corrosión.

REFERENCIAS

- [1] Programa de las naciones unidas para el desarrollo, «objetivos de desarrollo sostenible (ods),» 2023. [en línea]. available: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>.
- [2] A. d. p. a. (epa)., «exenciones de tolerancia para ingredientes activos e inertes para uso en formulaciones antimicrobianas,» 2023. [en línea]. available: <https://www.govinfo.gov/app/details/cfr-2012-title40-vol25/cfr-2012-title40-vol25-sec180-940/context> .
- [3] Y. w. c. s. z. & l. b. liu, «optimization and modeling of slightly acidic electrolyzed water for the clean-in-place process in milking systems. foods, 9(11), 1685.,» (2020)..
- [4] A. c. & t. l. j. s. hernandez salamanca, «obtención de una agente desinfectante a partir de la electrólisis de cloruro de sodio para el tratamiento de agua potable (bachelor's tesis, fundación universidad de américa).,» (2018).
- [5] I. m. carro, «ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable aisi316l,» *biblioteca/facultad de ingenieria/unmdp*, 2019.
- [6] M. f. caballero rivas, m. espinoza, z. gómez vargas y u. c. b. “. p. —. s. s. cruz, «propuesta para la creación de condiciones de inocuidad alimentaria para una fraccionadora,» *universidad catolica bolivariana* , 2021.
- [7] M. a. b. m. d. f. barreto, «diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha de la automatización de un sistema de cip en la industria láctea,» 2018.
- [8] Diversey, «soluciones de higiene para la industria láctea,» [en línea]. available: <https://diversey.com.co/es-co/sectores-industriales/alimentos-y-bebidas/soluciones-de-higiene-para-la-industria-lactea>.
- [9] Vadequímica, «usos del hidróxido de sodio en diferentes industrias,» 05 2023. [en línea].

- [10] Proquimia, «desinfección con ácido peracético en la industria alimentaria,» 7 4 2022. [en línea]. available: <https://www.proquimia.com/desinfeccion-con-acido-peracetico/>.
- [11] Empresa kersia, *control de biofilm en industria láctea*, madrid, 2022.
- [12] T. gonzález, «biofilm microbiológico en la industria láctea.,» *engormix*, 2013.
- [13] L. g. g. y. e. c. t. victor medeiros, «la competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo,» *revista de la cepal n° 129*, 2019.
- [14] E. r. directivos, «estrategias para mejorar la competitividad de tu empresa,» 17 junio 2018. [en línea]. available: <https://retos-directivos.eae.es/como-hacer-para-promover-el-crecimiento-empresarial>.
- [15] A. w. x. & d. a. iram, «electrolyzed oxidizing water and its applications as sanitation and cleaning agent. food engineering reviews, 13, 411-427.,» (2021)..
- [16] M. c. jornet rabán, «revisión de la limpieza y desinfección en una fábrica de helados,» *universidad nacional de luján*, 2021.
- [17] R. r. c. c.-t. e. m.-v. y. s.-c. j. & g.-a. b. e. jiménez-pichardo, «evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry.,» (2016). .
- [18] E. equipo editorial, «concepto,» 26 junio 2023. [en línea]. available: <https://concepto.de/industrializacion/>.
- [19] M. & s. t. puentestar, «diseño de un sistema de buenas prácticas de manufactura e implementación de procedimientos operacionales estandarizados de saneamiento en la microempresa lácteos mariana de la ciudad de mira. upec.,» de *upec*, ecuador, 2022, p. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1554>.
- [20] Y. f. & g. p. f. h. rios muñoz, «diseñar estrategias de producción más limpia a partir de la guía ambiental de la industria láctea para la empresa lácteos san ángel, ubicada en el municipio de cumbal–nariño.,» <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/43339>, 2020.

- [21] D. peña muñoz, evaluación y diagnóstico para la implementación de las buenas prácticas de manufactura (bpb) en una microempresa elaboradora de subproductos lácteos en el suroeste antioqueño., <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3457>, 2023.
- [22] M. v. martínez lorenzo, «sistema de limpieza cip en una industria de fabricación de quesos,» *universidad de valladolid* , 2019.
- [23] A. c. hernández salamanca, «obtención de una agente desinfectante a partir de la electrólisis de cloruro de sodio para el tratamiento de agua potable,» *fundacion universidad de america*, 2018.
- [24] N. tous, «ensayos de electropulido en acero inoxidable aisi 316l (doctoral dissertation, universidad nacional de mar del plata. facultad de ingeniería; argentina),» (2022).
- [25] J. & a.-l. m. gonzales-malca, «inocuidad de los derivados lácteos comercializados en la región Amazonas,» *revista de investigación de agroproducción sustentable*, 4(2), 78-84., (2020)..
- [26] M. a. m. g. m.a. deza, «efficacy of neutral electrolyzed water to inactivate escherichia coli, listeria monocytogenes, pseudomonas aeruginosa, and staphylococcus aureus on plastic and wooden kitchen cutting boards,» *science direct*, 2007.
- [27] C. n. h. m. s. & o. d.-h. tango, «application of electrolyzed water on environment sterilization. in electrolyzed water in food: fundamentals and applications 177–204 .,» (springer, 2019).
- [28] R. h.-m. i. r.-g. c. s.-c. j. m.-v. y. w.-r. m. d. c. . . & g.-a. b. e. jiménez-pichardo, «innovative control of biofilms on stainless steel surfaces using electrolyzed water in the dairy industry. *foods*, 10(1),103.,» (2021). .
- [29] G. sicachá rojas, «estado del arte del electropulido en aceros inoxidable.,» (2018). .

- [30] Ewtech, «desinfectante organico de amplio espectro,» [en línea]. available: <https://ewtech.la/como-funciona/acido-hipocloroso/>.
- [31] Merck, «acido sulfurico 97%,» 25 mayo 2023. [en línea].
- [32] Merck, «acido fosforico,» 14 diciembre 2023. [en línea].
- [33] Merck, «acido nitrico 65%,» 14 diciembre 2023. [en línea].
- [34] Merck, «hidroxido de sodio en escamas,» 12 mayo 2023. [en línea].
- [35] E. Tech, «ecolim bm,» 25 noviembre 2022. [en línea].
- [36] E. twch, «ecodes bm,» 31 enero 2022. [en línea].
- [37] F publica, «decreto 4741 de 2005,» 30 diciembre 2005. [en línea]. available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18718>.
- [38] Corquimica, «ácido hipocloroso,» pp. 6-7, 2021.
- [39] (Dpae), «lineamientos tecnicos para la atencio de emergencias con acido sulfurico,» *direccion de prevencion y atencion de emergencias* .
- [40] R. l. d. bogota, «secreteria juridica distrital,» 28 octubre 1997. [en línea]. available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/norma1.jsp?i=974>.
- [41] Ciafa, «acido fosforico,» *ficha de datos de seguridad de materiales* , pp. 3-4.
- [42] Dpae, «lineamientos tecnicos para la atencion de mergencia con soda caustica,» *direccion de prevencion y atencion de emergencias*.
- [43] I. m. carro, «ensayos de electropulido sobre distintos componentes de acero inoxidable aisi316l,» p. biblioteca/facultad de ingenieria/unmdp., 2019.

- [44] P. m. g. sánchez, «estudio de la modelacion matemática de la corrosión atmosférica del cobre en la provincia de las palmas. caracterización de la velocidad de corrosión mediante técnicas electroquímicas.,» *universidad de las palmas de gran canaria* , 2009.
- [45] C. carnevali, «procedimiento para la determinación de la resistencia de polarización lineal.,» *incalin especializaciones en calidad industrial*, 2018.
- [46] V. palmieri, «fundamental of electrochemistry - the electrolytic polishing of metals: application to copper and niobium,» *institute nazionale di fisica nucleare*.
- [47] N. z. y. m. d. sana zaki, «electropolishing and shaping of micro-scale metallic features,» *micromachines*, 2022.
- [48] I. q. gabriela ordoñez, «determinacion de la concetracion de cloro libre residual mediante técnicas electroquímicas,» *univerisdad politecnica salesiana sede cuenca* , 2021.
- [49] R. zhurbenko, «manual de medios de cultivo,» *biocen*, 2018.
- [50] Britanialab, «cerebro corazón infusión agar,» 2021.
- [51] Condalab, «agar cromogénico coliformes (cca) iso,» 2020.
- [52] A. m. á. vélez, «agar chromocult,» *medios de diagnostico microbiologico*, 2020.
- [53] D. n. r. r. o. c. l. m. a. t. h. e. h. m. erika p. sánchez f, «simulación y conteo de unidades formadoras de colonias,» *universidad de guadalajara*, 2017.
- [54] E. de vargas cuéter, diseño de equipo hiladora del queso para la producción de productos queseros a escala industrial., <https://repositorio.unitec.edu/handle/123456789/9713>, 2021.
- [55] E tech, «tecnología de activación electroquímica,» [en línea]. available: <https://ewtech.la/>.
- [56] W. r. r. j. s. ángel villón ulloa, «producción de agua electrolizada ácida,» *dialnet*, 2019.
- [57] I. c. d. n. t. y. certificación., «ntc 5245, practicas de limpieza y desinfección para plantas y equipos utilizados en la industria láctea.,» 2004. [en línea]. available:

<https://dokumen.tips/documents/ntc5245-limpieza-y-desinfeccion-industrialactea.html?page=51> .

- [58] E. metalurgia, electropulido, <https://www.areametalurgia.com/post/qu%C3%A9-es-el-electropulido-c%C3%B3mo-funciona>, 2022.
- [59] M. v3, «acero inoxidable 316: características y propiedades,» 30 junio 2021. [en línea]. available: <https://www.metallisteria.v3.es/acero-inoxidable-316-caracteristicas-propiedades/#:~:text=composici%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20del%20acero%20inoxidable%20316&text=para%20la%20vida%20cotidiano%20este,0%2c10%25%20de%20nitr%C3%B3geno..>
- [60] Vadequímica, «7 industrias donde se usa el ácido nítrico,» 17 julio 2023. [en línea]. available: <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/acido-nitrico.html#:~:text=limpieza,minerales%20de%20equipos%20y%20tuber%C3%ADas..>
- [61] J. e. f. núñez, «determinación de la correlación entre métodos visuales, ópticos y difusión en placa en el crecimiento de escherichia coli,» *universidad técnica de ambato facultad de ciencia e ingeniería en alimentos carrera de ingeniería bioquímica*, 2017.
- [62] M. c. briñez, «evaluación de la efectividad del agua electrolizada como nueva tecnología para la optimización de los procesos de limpieza y desinfección para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos en las plantas procesadoras de lácteos de alpina productos alim,» *alpina productos alimenticios sa*, 2021.
- [63] A. calderon jiménez, «efecto de las temperaturas 65,73 y 89°C durante 3 y 3, 5 minutos en el control de diferentes concentraciones de listeria monocytogenes,» 2023.
- [64] B. e. b. b. n. l. c. m. & m. b. rubio, «aplicación de agua electrolizada ligeramente ácida para la inactivación de listeria monocytogenes presente en superficies de acero inoxidable. eurocarne: la revista internacional del,» (2021).

- [65] S. zapata, «protocolo para la verificación microbiológica de los procedimientos operativos estandarizados de sanitización en la línea de quesos blancos de la planta de derivados lácteos de la cooperativa colanta.,» (2021).
- [66] J. a. vico sevilla, «análisis microbiológico de alimentos lácteos.,» (2020)..
- [67] V. m. h. pimentel, «estudio de la composición y estabilidad química del agua electrolizada neutra, así como la formación de trihalometanos, actividad antimicrobiana y su impacto en vida de anaquel en carne de pollo.,» (2020).
- [68] Calderon jiménez, «instructivo estructuración de trabajo de grado. fundación universidad de américa.,» 2021.
- [69] T. asana, «cómo utilizar el método de la ruta crítica en la gestión de proyectos,» [en línea]. available: <https://asana.com/es/resources/critical-path-method>.
- [70] T. c. solano, «evaluación del comportamiento de bacilos esporoformadores en productos lácteos ultra alta temperatura (uht/uat) en funza, cundinamarca.,» pp. 12-13, 2022.
- [71] E. etecé, «revolución industrial,» 2022.
- [72] E. y. startups, «¿qué es la economía circular? reduce, recicla y reutiliza,» 2023.
- [73] C. g. gil, « objetivos de desarrollo sostenible (ods): una revisión crítica,» 2018.
- [74] D. s.a. [en línea]. available: <https://diversey.com.co/es-co/sectores-industriales/alimentos-y-bebidas/soluciones-de-higiene-para-la-industria-lactea>.
- [75] L. f. g. morales, «academica.edu,» 25 febrero 2004. [en línea]. available: https://www.academia.edu/43206251/norma_tecnica_ntc_colombiana_5245_prcticas_de_limpieza_y_desinfeccion_para_plantas_yequipos_utilizados_en_la_industria_lactea_e_practice_for_cleaning_and_disinfecting_of_plant_and_equipment_used_in_t.

- [76] B. k. s. c. blandón, «elaboración de un manual de buenas prácticas de manufactura (bpm) para la empresa procesadora de alimentos de nicaragua, s.a (proanic, s.a) en el municipio de estelí, departamento de estelí, nicaragua,» *universidad nacional de ingeniería*, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA DE SEGURIDAD

Figura 26.

Ficha de seguridad para el ácido sulfúrico al 97%

		www.sigmaaldrich.com
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD		Versión 8.8 Fecha de revisión 05/24/2023 Fecha de impresión 05/25/2023
SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa		
1.1 Identificadores del producto		
Nombre del producto	:	Ácido sulfúrico 95-97% p.a. EMSURE® ISO
Referencia	:	1.00731
Artículo número	:	100731
Marca	:	Millipore
No. Índice	:	016-020-00-8
No. CAS	:	7664-93-9
1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados		
Usos identificados	:	Análisis químico, Producción química
1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad		
Compañía	:	EMD Millipore Corporation 400 Summit Drive BURLINGTON MA 01803 UNITED STATES
Teléfono	:	+1 800-645-5476
1.4 Teléfono de emergencia		
Teléfono de Urgencia	:	800-424-9300 CHEMTREC (USA) +1-703-527-3887 CHEMTREC (International) 24 Hours/day; 7 Days/week
SECCIÓN 2. Identificación de los peligros		
2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla		
Clasificación SGA de acuerdo con 29 CFR 1910 (OSHA HCS).		
Corrosivo para los metales (Categoría 1), H290		
Corrosión cutáneas (Categoría 1A), H314		
Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318		
Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.		
2.2 Elementos de las etiquetas del SGA, incluidos los consejos de prudencia		
Pictograma	:	
Millipore - 1.00731		
Página 1 de 12		
The life science business of Merck KGaA, Darmstadt, Germany operates as MilliporeSigma in the US and Canada		

Palabra de advertencia	Peligro
Indicación(es) de peligro H290 H314	Puede ser corrosivo para los metales. Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Declaración(es) de prudencia P234 P264 P280	Conservar únicamente en el recipiente original. Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación. Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.
P301 + P330 + P331	EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ ducharse.
P304 + P340 + P310	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.
P305 + P351 + P338 + P310	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.
P363 P390 P405 P406	Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas. Absorber el vertido para que no dañe otros materiales. Guardar bajo llave. Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión con revestimiento interior resistente.
P501	Eliminar el contenido/ el recipiente en una planta de eliminación de residuos autorizada.

2.3 Peligros no clasificados de otra manera - ninguno(a)

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Formula	: H2SO4
Peso molecular	: 98.07 g/mol
No. CAS	: 7664-93-9
No. CE	: 231-639-5
No. Índice	: 016-020-00-8

Componente	Clasificación	Concentración
Ácido sulfúrico	Met. Corr. 1; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; H290, H314, H318 Límites de concentración: >= 0.3 %: Met. Corr. 1,	<= 100 %

Millipore - 1.00731

Página 2 de 12

The life science business of Merck KGaA, Darmstadt, Germany operates as MilliporeSigma in the US and Canada

**MILLIPORE
SIGMA**

Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

Figura 27.

Ficha de seguridad para el ácido fosfórico

www.sigmaaldrich.com

Versión 6.2
Fecha de revisión 23.03.2022
Fecha de impresión 14.12.2023

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto

Nombre del producto : Phosphoric acid

Referencia : P6560

Marca : Sigma

No. Índice : 015-011-00-6

REACH No. : 01-2119485924-24-XXXX

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Sigma-Aldrich Inc.
3050 SPRUCE ST
ST. LOUIS MO 63103
UNITED STATES

Teléfono : +1 314 771-5765

Fax : +1 800 325-5052

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 800-424-9300 CHEMTREC (USA) +1-703-527-3887 CHEMTREC (International) 24 Hours/day; 7 Days/week

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Corrosivos para los metales (Categoría 1), H290

Toxicidad aguda, Oral (Categoría 4), H302

Corrosión cutáneas (Sub-categoría 1B), H314

Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Sigma- P6560

Página 1 de 11

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicación(es) de peligro	
H290	Puede ser corrosivo para los metales.
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Declaración(es) de prudencia	
P234	Conservar únicamente en el embalaje original.
P270	No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P280	Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.
P301 + P312	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico si la persona se encuentra mal.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicación(es) de peligro	
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Declaración(es) de prudencia	
P280	Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

Sigma- P6560

Página 2 de 11

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

Figura 28.

Ficha de seguridad para el hidróxido de sodio

	<p>EWTech S.A.S.</p> <p>SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD</p> <p>Ficha Técnica</p> <p>Agua Activada EcoLim BM</p>	<table border="0"> <tr> <td>Código:</td> <td>CA-FT-003</td> </tr> <tr> <td>Fecha de elaboración :</td> <td>26-02-15</td> </tr> <tr> <td>Número de Revisión</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Fecha de revisión:</td> <td>25-11-22</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Próxima revisión:</td> <td>25-11-23</td> </tr> <tr> <td>Páginas</td> <td>2 de 4</td> </tr> </table>	Código:	CA-FT-003	Fecha de elaboración :	26-02-15	Número de Revisión	10	Fecha de revisión:	25-11-22	Fecha de Próxima revisión:	25-11-23	Páginas	2 de 4
Código:	CA-FT-003													
Fecha de elaboración :	26-02-15													
Número de Revisión	10													
Fecha de revisión:	25-11-22													
Fecha de Próxima revisión:	25-11-23													
Páginas	2 de 4													
<p>AGUA ACTIVADA EcoLim BM (NOMBRE TÉCNICO CATOLITO K-BM)</p>														
<p>DESENGRASANTE LIMPIADOR NO ESPUMANTE</p>														
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%; text-align: left; padding: 5px;">COMPOSICIÓN</th> <th style="width: 20%; text-align: left; padding: 5px;">DESCRIPCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Agua (H₂O) 99.62%</td> <td rowspan="3" style="padding: 5px; vertical-align: top;">Desengrasante limpiador líquido elaborado por medio de la tecnología de activación electroquímica. Sus principales componentes son agua y el hidróxido de sodio en baja concentración, especialmente formulado para la limpieza general de superficies, equipos e instrumentos, remueve la materia orgánica y suciedad acumulada, es especial para la remoción de grasas y aceites de origen animal, vegetal y mineral en sistemas de limpieza CIP (Clean in Place). No genera espuma, olor ni color.</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.20%</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cloruro de sodio (NaCl) 0.18%</td> </tr> </tbody> </table>			COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN	Agua (H ₂ O) 99.62%	Desengrasante limpiador líquido elaborado por medio de la tecnología de activación electroquímica. Sus principales componentes son agua y el hidróxido de sodio en baja concentración, especialmente formulado para la limpieza general de superficies, equipos e instrumentos, remueve la materia orgánica y suciedad acumulada, es especial para la remoción de grasas y aceites de origen animal, vegetal y mineral en sistemas de limpieza CIP (Clean in Place). No genera espuma, olor ni color.	Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.20%	Cloruro de sodio (NaCl) 0.18%						
COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN													
Agua (H ₂ O) 99.62%	Desengrasante limpiador líquido elaborado por medio de la tecnología de activación electroquímica. Sus principales componentes son agua y el hidróxido de sodio en baja concentración, especialmente formulado para la limpieza general de superficies, equipos e instrumentos, remueve la materia orgánica y suciedad acumulada, es especial para la remoción de grasas y aceites de origen animal, vegetal y mineral en sistemas de limpieza CIP (Clean in Place). No genera espuma, olor ni color.													
Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.20%														
Cloruro de sodio (NaCl) 0.18%														
<p>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: Aspecto: Líquido Color: Incoloro Olor: Inoloro pH: 11.5 – 12.5 Concentración: 0,2g/L – 0,4g/L Densidad: 1,0043g/mL Mineralización: < 3,5g/L</p>	<p>BENEFICIOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> En sistemas "CIP" evita el deterioro de sensores, spray bowl, y empaques garantizando una limpieza eficiente. Permite la limpieza de áreas y superficies donde no son permitidos los químicos tóxicos. No deja residualidad, se identifica con fenolftaleína Permite la remoción de grasa, biofilm, suciedad y contaminación de las superficies sin emplear agua. Dependiendo del uso requiere enjuague, es permitido el contacto directo con alimentos, frutas y verduras. * No genera espuma y permite trabajar en las condiciones de operación de un detergente. Permite tener ahorro en los consumos de agua. 100% biodegradable, no afecta peces o plantas. Rápida acción, tiempo de contacto entre 5 y 10 minutos. Cuenta con una marcada actividad de limpieza por lo que es altamente recomendable para trabajar a temperatura ambiente. Ahorro de energía (limpieza a temperatura ambiente). <p><small>*Consulte la hoja de seguridad para la validación de peligros y precauciones.</small></p>													
<p>USO: Especialmente diseñado para uso industrial en áreas de procesamiento de alimentos, aguas, embotelladoras y en diferentes líneas de procesos. Es recomendado para eliminar grasa en superficies, tuberías, equipos. Es un producto de nula formación de espuma que permite su aplicación en sistemas CIP y equipos de lavado por recirculación, así como en los equipos por inundación.</p> <p>INSTRUCCIONES DE USO: Líneas CIP: (Dilución 10% a 40%) realizar la dilución de acuerdo a la cantidad de grasa que se encuentre en la superficie. Para sistemas COP o alimentos: (Dilución 50%) Aplicar por atomización o inmersión, ejercer acción mecánica, no requiere enjuague si el proceso se realizó por inmersión. Para Superficies con niveles de suciedad más bajos: (Dilución 5%) Aplicar por atomización, ejercer acción mecánica con un paño, no requiere enjuague.</p>														

MODO DE ACCIÓN:

La base activa del Catolito K-BM es el hidróxido de sodio, EcoLim por su pH alcalino es un producto natural capaz de realizar las labores de limpieza más complicadas, eliminando grasas y aceites con una rápida acción y completa limpieza, en alimentos es capaz de remover agroquímicos, fungicidas, pesticidas, herbicidas, insecticidas y ceras que se encuentran generalmente en la cáscara añadidos en el cultivo.

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES:

- Producto para uso industrial.
- No realizar mezclas con otros productos.
- Mantenga fuera del alcance de los niños.
- No ingerir. Evitar el contacto con los ojos.
- Evitar exposiciones prolongadas en la piel puede generar graves irritaciones. *
- Mantener el envase cerrado, protegido del sol.
- Se recomienda usar a temperaturas entre 35°C-70°C
- Para partes y elementos metálicos no dejar el producto expuesto por más de 10 min. Secar producto residual. **

*Verifique la hoja de seguridad

**Verifique velocidad de corrosión en hoja de seguridad para diferentes aceros inoxidable.

CERTIFICADOS NACIONALES E INTERNACIONALES:

- ✓ Certificación INVIMA NO REQUIERE NOTIFICACIÓN SANITARIA. 2015008748- Colombia.

APLICACIONES Y DOSIS RECOMENDADAS:

Limpieza	Dilución con agua	Aplicación-Tiempo
Limpieza CIP	10% -40%	Recirculación- Inundación Tiempo: 20 minutos
Limpieza de frutas y verduras	50%	Aspersión- Inmersión Tiempo: 5-10 minutos
Limpieza de equipos, mesas de trabajo, escritorios, pantallas, espejos	Puro	Aspersión
Limpieza canastillas	Puro	Aspersión-Inmersión

Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

Figura 29.

Ficha de seguridad para el ácido hipocloroso

 <p style="margin: 0;">EWTech S.A.S.</p> <p style="margin: 0;">SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD</p> <p style="margin: 0;">Ficha Técnica</p> <p style="margin: 0;">Agua Activada EcoDes BM</p>	<p>Código: CA-FT-001</p> <p>Fecha de elaboración: 06-04-19</p> <p>Número de Revisión: 5</p> <p>Fecha de revisión: 31-01-22</p> <p>Fecha de Próxima revisión: 26-08-23</p> <p>Páginas: 2 de 5</p>											
<p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">AGUA ACTIVADA EcoDes BM</p> <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 0.9em;">Desinfectante Industrial Multiusos</p> <p style="font-weight: bold; font-size: 0.8em;">(NOMBRE TÉCNICO ANOLITO ANK-BM NEUTRO)</p> <p style="font-weight: bold; font-size: 0.8em;">BACTERICIDA, VIRICIDA, FUNGICIDA Y ESPORICIDA</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">COMPOSICIÓN</th> <th style="width: 10%;">DESCRIPCIÓN</th> <th style="width: 70%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua (H₂O)</td> <td>99.93-99.90%</td> <td>Desinfectante líquido de amplio espectro altamente efectivo contra bacterias, virus, hongos y esporas. Su principal componente es el ácido hipocloroso estabilizado (0,05-0,08%-500-800 ppm).</td> </tr> <tr> <td>Sustancias activas (HClO, ClO⁻)</td> <td>0,05-0,08%</td> <td rowspan="2">El Ácido Hipocloroso (HClO) está considerado entre los desinfectantes naturales más potentes, no tóxico para los seres humanos, animales y plantas, es altamente eficaz como agente antimicrobiano y de acción rápida.</td> </tr> <tr> <td>Cloruro de Sodio (NaCl)</td> <td>0,02%</td> </tr> </tbody> </table>		COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN		Agua (H ₂ O)	99.93-99.90%	Desinfectante líquido de amplio espectro altamente efectivo contra bacterias, virus, hongos y esporas. Su principal componente es el ácido hipocloroso estabilizado (0,05-0,08%-500-800 ppm).	Sustancias activas (HClO, ClO ⁻)	0,05-0,08%	El Ácido Hipocloroso (HClO) está considerado entre los desinfectantes naturales más potentes, no tóxico para los seres humanos, animales y plantas, es altamente eficaz como agente antimicrobiano y de acción rápida.	Cloruro de Sodio (NaCl)	0,02%
COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN											
Agua (H ₂ O)	99.93-99.90%	Desinfectante líquido de amplio espectro altamente efectivo contra bacterias, virus, hongos y esporas. Su principal componente es el ácido hipocloroso estabilizado (0,05-0,08%-500-800 ppm).										
Sustancias activas (HClO, ClO ⁻)	0,05-0,08%	El Ácido Hipocloroso (HClO) está considerado entre los desinfectantes naturales más potentes, no tóxico para los seres humanos, animales y plantas, es altamente eficaz como agente antimicrobiano y de acción rápida.										
Cloruro de Sodio (NaCl)	0,02%											
<p>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</p> <p>Aspecto: Líquido Color: Incoloro Olor: Ligero a cloro pH: 5,0- 7,5 ORP: entre +700 y +900 mV Densidad: 1,0040 g/mL</p>	<p>BENEFICIOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Permite la desinfección de áreas donde no son permitidos los químicos tóxicos. No requiere temperatura Elimina biofilm. Enjuague rápido. No produce irritación en la piel, ojos, heridas abiertas**. 100% biodegradable (cuando cumple su función se desintegra en agua y sal) No es tóxico en estado diluido en caso de ingerir o inhalar en pequeñas cantidades** No afecta vertientes hídricas - flora y fauna. Neutraliza Virus, Bacterias, Esporas, Hongos y Algas impidiendo su reproducción. No requiere enjuague, es permitido en contacto directo con alimentos y empaques. No forma Trihalometanos en la potabilización de agua por reacción con materia orgánica. El pH es neutro, lo hace no corrosivo, pero si oxidante en algunos materiales*. Desinfecta y desodoriza en un solo paso. No blanquea las telas* <p><small>*Consulte la hoja de seguridad para la validación de peligros y precauciones.</small></p>											
<p>USO:</p> <p>Especialmente diseñado para uso industrial, en desinfección de sistemas cerrados, tanques de almacenamiento y producción, zona de recibo, equipos de pasteurización, intercambiadores de calor, torres de enfriamiento, desinfección de superficies duras, tratamiento de agua potable y pilas de desodorización en plantas de renderizado, ideal en la industria láctea, embotelladoras, procesamiento de frutas y verduras, empaques, y las plantas de conservas, así mismo es ideal para la industria avícola, porcícola, acuícola, entre otras.</p>	<p>INSTRUCCIONES DE USO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Preparar el volumen del desinfectante de acuerdo a la cantidad requerida según la receta 2. Verificar para superficies como equipos e instrumentos, que hayan tenido un proceso de limpieza antes. 3. Aplicar por medio de inundación para sistemas CIP o aspersión para ambientes o sistemas COP según sea el caso, dejar actuar por el tiempo estimado según la receta 											

APLICACIONES Y DOSIS RECOMENDADAS

Desinfección	Dilución con agua	Concentración	Aplicación/ Tiempo
Desinfección ambiental	150ml de EcoDes x 850ml de agua	75ppm	Nebulización o atomización Tiempo: 10 min
Desinfección CIP	100-200ml de EcoDes x 900-800 ml de Agua	50-100ppm	Recirculación Tiempo: Según receta
Arcos de desinfección	100ml - 200ml de EcoDes x 800-900ml de agua 10%-20%	50-100ppm	Nebulización Tiempo 3-5s
Desinfección superficies (Juguetes, sillas, mesas, escritorios)	200ml de EcoDes x 800ml de agua	100ppm	Atomización/ Aspersión
Desinfección de equipos	250ml de EcoDes x 750ml de agua	125ppm	Atomización/ Aspersión
Desinfección de utensilios menores	200ml de EcoDes x 800ml de agua 20%	100ppm	Inmersión Tiempo 15 min
Desinfección de canastillas	200ml de EcoDes x 800 ml de agua 20%	100ppm	Inmersión Tiempo 15 min
Desinfección Frutas y verduras	100ml de EcoDes x 900ml de agua 300ml de EcoDes x 700ml de agua 10%-30%	50ppm-150ppm	Inmersión Tiempo 15 min
Desinfección de empaques	100ml de EcoDes x 900ml-300ml de EcoDes x 700ml de agua 10%-30%	50ppm-150ppm	Atomización/ Aspersión
Bandas o líneas de producción	100ml de EcoDes x 900 ml de agua 10%	50ppm	Atomización/ Aspersión

Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

Figura 30.

Ficha de seguridad para el hidróxido de sodio en escamas

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD HIDROXIDO DE SODIO				
<p style="font-size: small;">Rótulo NFPA</p>	<p style="font-size: small;">Rótulos UN</p>			
Fecha Revisión: 21/03/2005				
SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA				
Nombre del Producto:	HIDROXIDO DE SODIO			
Sinónimos:	Soda cáustica (anhídrica), Soda cáustica en escamas, Cáustico blanco, Lejía, Hidrato de sodio.			
Fórmula:	NaOH			
Número interno:				
Número UN:	1823 Sólido			
Clase UN:	8			
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.			
Teléfonos de Emergencia:				
SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES				
COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Hidróxido de sodio	1310-73-2	N.R. (ACGIH 2004)	C 2 mg/m3 (ACGIH 2004)	99-100
Uso: Neutralización de ácidos, refinación del petróleo, producción de papel, celulosa, textiles, plásticos, explosivos, removedor de pinturas, limpiador de metales, electroplateado, limpiadores comerciales y domésticos, pelado de frutas y verduras en la industria de alimentos.				
SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS				
VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:				
Peligro. Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con agua ácidos y otros materiales. Causa quemaduras a piel y ojos. Puede ocasionar irritación severa de tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras. En casos crónicos puede producir cáncer en el esófago y dermatitis por contacto prolongado con la piel.				
EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:				
Inhalación:	Iritante severo. Los efectos por la inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños del tracto respiratorio superior, dependiendo de la severidad de la exposición. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa.			
Ingestión:	Corrosivo. La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Pueden ocurrir severas lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser sangrado, vómitos, diarrea, caída de la presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición.			
Piel:	Corrosivo El contacto con la piel puede causar irritación o severas quemaduras y cicatrización en las exposiciones mayores.			

Ojos:	Produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo constante. En casos severos quemaduras de la córnea e incluso ceguera.
Efectos crónicos:	Contacto prolongado produce dermatitis, fisuras e inflamación de la piel. Puede causar cáncer al esófago.
SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS	
Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Ojos:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.
Nota para los médicos:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.
SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO	
Punto de inflamación (°C):	N.A.
Temperatura de autoignición (°C):	N.A.
Límites de inflamabilidad (%V/V):	N.A.
Peligros de incendio y/o explosión:	No es combustible pero en contacto con agua puede generar suficiente calor para encender combustibles. El material caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua. El contacto con algunos metales genera hidrógeno el cual inflamable y explosivo. Durante un incendio se forman gases tóxicos y corrosivos.
Medios de extinción:	No usar medios de extinción halogenados ni chorro de agua a presión. Utilizar un agente adecuado al fuego circundante.
Productos de la combustión:	Óxido de Sodio.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión:	Evitar el contacto con metales, combustibles y humedad. Mantener los contenedores cerrados. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones y resistentes a la corrosión.
Instrucciones para combatir el fuego:	Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar todos los materiales combustibles de la zona. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Refrigerar los contenedores con agua en forma de rocío. Si los contenedores están cerrados, retirarlos del área de peligro.
SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Los residuos deben recogerse con medios mecánicos no metálicos y colocados en contenedores apropiados para su posterior disposición.	
SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
Manejo:	Utilizar los elementos de protección personal así sea muy corta la exposición o la actividad que realizar con la sustancia; mantener estrictas normas de higiene. No fumar ni beber en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar.

Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

Figura 31.

Ficha de seguridad para el ácido nítrico

www.sigmaaldrich.com

Versión 6.9
Fecha de revisión 01.06.2023
Fecha de impresión 14.12.2023
GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto

Nombre del producto : Nitric acid

Referencia : 438073
Marca : Sigma-Aldrich
No. Índice : 007-004-00-1
REACH No. : 01-2119487297-23-XXXX
No. CAS : 7697-37-2

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Sigma-Aldrich Inc.
3050 SPRUCE ST
ST. LOUIS MO 63103
UNITED STATES

Teléfono : +1 314 771-5765
Fax : +1 800 325-5052

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 800-424-9300 CHEMTREC (USA) +1-703-527-3887 CHEMTREC (International) 24 Hours/day; 7 Days/week

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Líquidos comburentes (Categoría 3), H272
Corrosivo para los metales (Categoría 1), H290
Toxicidad aguda, Inhalación (Categoría 3), H331
Corrosión cutáneas (Sub-categoría 1A), H314
Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318

Sigma-Aldrich- 438073Página 1 de 14

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H272

Puede agravar un incendio; comburente.

H290

Puede ser corrosivo para los metales.

H314

Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H331

Tóxico en caso de inhalación.

Declaración(es) de prudencia

P210

Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P220

Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.

P280

Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.

P303 + P361 + P353

EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.

P304 + P340 + P310

EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.

P305 + P351 + P338

EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Información suplementaria sobre riesgos (UE)

EUH071

Corrosivo para las vías respiratorias.

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma



Palabra de advertencia Peligro

Indicación(es) de peligro

H331

Tóxico en caso de inhalación.

H314

Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Declaración(es) de prudencia

P280

Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.

P303 + P361 + P353

EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar

Sigma-Aldrich- 438073

Página 2 de 14

The life science business of Merck operates as MilliporeSigma in the US and Canada



Nota. La ficha técnica permite tener un control del insumo que se está utilizando en altas concentraciones, esto permite tener un manejo controlado e indicaciones en caso de exposiciones directas.

ANEXO 2

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas microbiológicas mencionadas en el proyecto, teniendo en cuenta que el proyecto se limitó a Coliformes, una posible continuación de proyecto sería extendido a pruebas microbiológicas de Listeria, E-coli, mohos y levaduras, luminometría y Salmonella.

Cómo también pruebas que permitan definir la velocidad de corrosión de manera cuantitativa, definiendo estadísticas de corrosión y sus variaciones en una capa protectora de electropulido.

Estudiar las posibles técnicas que permita visualizar resultados de la micro rugosidad de las tuberías mediante microfotografías de tuberías que permitan evaluar los resultados.