

**Implementación de un modelo de gestión para diseñar una red de suministro de agua  
desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa**

**Termocandelaria**

Álvaro Castro Ruiz

David Mendoza Bravo

Asesor

Ing. Ever Eduardo Causado Moreno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD  
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Ingeniería Industrial

2023

### **Dedicatoria**

Este trabajo de grado es dedicado al único ser que abre caminos y puertas donde las hay, Dios Padre, a mis familiares que son mi apoyo, a las personas que quiero y a todos los estudiantes Ingenieros industriales puesto les servirá de guía en un futuro.

**Álvaro castro Ruiz.**

### **Dedicatoria**

A Dios todo poderoso dedico este trabajo, porque sin el nada y con el todo, A mi madre que me mostro que todo es posible con empeño, trabajo y dedicación, A mis hijos que me enseñaron esta bella profesión de ser padre y me instan a ser cada día mejor, para que vean en mi un claro ejemplo de superación, a su vez a todos los aportaron un grano de arena para lograr darme este maravilloso mar de conocimientos y experiencias únicas e intangibles.

**David Mendoza bravo**

### **Agradecimiento**

Primeramente, le damos gracias a Dios Padre Todopoderoso, porque su bendición llevo a nuestras vidas y nos permitió llegar a la meta triunfadora y con todo obstáculo que se opuso en el camino destruido. Su Espíritu Santo nos guio en todo este proyecto de superación y ser personas sobresalientes en todos los aspectos, relaciones personales, desempeño educativo y estabilidad emocional.

Gracias a cada uno de nuestros familiares que nos apoyaron en todo tiempo y nos dieron ese aliento e impulso para seguir durante todo el proceso educativo que genero la elaboración de este trabajo de grado.

Gracias a la UNAD y a todos los instructores que estuvieron en todo el proceso de enriquecimiento de conocimiento en la Carrera de ingeniera industrial porque cada clase, trabajo, evaluación y consejo dado fue el fundamento para la elaboración de este trabajo de grado.

**Álvaro castro Ruiz.**

### **Agradecimiento**

Gracias a Dios, porque su bendición a estado desde siempre en mi vida, su mano me mostro el camino y me sostuvo, durante este proceso formativo del cual solo me queda la satisfacción de llegar a la meta, la sabiduría y un vasto conocimiento adquirido a través de cada proceso que desarrollamos para llegar aquí.

Gracias a mis familiares, porque ellos creyeron en mí y nunca dudaron de mis capacidades,

Gracias a la UNAD y su cuerpo docente que compartieron conmigo sus experiencias y conocimientos de tal forma que hoy puedo ser una persona íntegra y profesional con vocación de servicio del cual el presente trabajo de grado es fiel testigo.

**David Mendoza bravo.**

## Resumen

El presente proyecto se desarrolló en la empresa Termocandelaria, se estudiarán los principales conceptos del proceso de osmosis inversas, el cual tiende a igualar concentraciones a través de una membrana semipermeable por medio de una presión negativa al flujo natural, removiendo así los sólidos, minerales, materia orgánica y separando los contaminantes específicos del agua. Este proceso es muy usado en las empresas que necesitan agua desmineralizada. Esta investigación tiene como objetivo resolver el problema de incrustaciones minerales que se está presentando en las membranas de la empresa termocandelaria, puesto que está acortando el ciclo de vida de las misma, y disminuyendo la eficiencia en la producción de la planta de agua. Unas de las actividades que está causando este problema es la preparación de anti Escalante con agua desmineralizada, especialmente cuando no se realiza la dilución correcta de ambos fluidos, lo cual es de vital importancia para que las membranas de osmosis inversa puedan trabajar en perfectas condiciones y depurar todas impurezas que quedan atrapadas en el proceso. El método que se propone es una red de suministro de agua desmineralizada con un contador de flujo, mejorando así la eficiencia del proceso en la preparación de químicos en la zona de dosificación de la planta agua, esto con el fin de brindar una mejora continua en cada uno de los equipos utilizados para la generación de energía eléctrica para mejorar el proceso en la planta de agua durante la preparación del químico anti-Escalante en la zona de dosificación, reduciendo así los tiempos operativos en la preparación de la dilución.

**Palabras claves:** Osmosis, anti-Escalante, red de suministro de agua, Modelo de gestión, Caracterización de agua.

### **Abstract**

This project will be developed in the Termocandelaria company, the main concepts of the reverse osmosis process will be studied, which it tends to equalize concentrations through a semi-permeable membrane by means of a negative pressure to the natural flow, thus removing solids, minerals, organic matter and separating specific contaminants from the water. This process is widely used in companies that need demineralized water. The objective of this research is to solve the problem of mineral incrustations that is occurring in the membranes of the Termocandelaria company, since it is shortening their life cycle, and decreasing the efficiency in the production of the water plant. One of the activities that is causing this problem is the preparation of anti- scalant with demineralized water, especially when the correct dilution of both fluids is not carried out, which is of vital importance so that the reverse osmosis membranes can work in perfect conditions and purify all impurities that are trapped in the process. The proposed method is a demineralized water supply network with a flow meter, thus improving the efficiency of the process in the preparation of chemicals in the dosing area of the water plant, this in order to provide continuous improvement in each of the equipment used for the generation of electrical energy to improve the process in the water plant during the preparation of the anti-scalant chemical in the dosing area, thus reducing the operating times in the preparation of the dilution.

**Keywords:** Osmosis, anti-Escalante, water supply network, Management model, Water characterization.

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	2
Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Agradecimiento.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Tabla de Contenido.....	7
Lista de Tablas.....	10
Lista de Figuras.....	11
Lista de Apéndices.....	12
Introducción.....	13
Justificación.....	15
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Descripción del problema.....	18
Formulación del Problema.....	20
Marco referencial.....	21
Marco Teórico.....	21
<i>Sistema planta agua</i> .....	21
<i>Clasificación del agua</i> .....	22
<i>Caracterización de agua de alimentar a generador de vapor en termoeléctricas</i> .....	23
<i>Osmosis Inversa</i> .....	23

<i>Tipología de ósmosis inversa en función de la configuración de las membranas</i> .....	24
<i>Tratamiento de agua mediante ósmosis inversa</i> .....	24
<i>El Anti-Escalante</i> .....	25
Marco referencial .....	28
<i>Historia de la empresa</i> .....	28
<i>Misión</i> .....	28
<i>Visión</i> .....	29
<i>Ubicación y Distribución del proceso agua desmineralizada en la empresa</i>	
<i>Termocandelaria.</i> .....	29
Ubicación Geográfica. ....	29
Marco legal.....	30
Marco conceptual .....	32
Metodología .....	35
Diseño de investigación .....	35
Análisis de resultados .....	36
Modelo de gestión que permita optimizar en el diseño en la red tubería de suministro de agua desmineralizada en planta de agua. ....	36
Debilidades y problemáticas en la preparación de químicos en la zona dosificación en planta de agua.....	43
Diseño de la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada que se ajusten a los requerimientos y calidad de la empresa Termocandelaria. ....	47
Discusión.....	58
Cierre de los objetivos.....	58
Análisis estadístico.....	61
Conclusiones.....	69

Recomendaciones .....	71
Referencias Bibliográficas .....	72
Apéndices.....	75

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Marco legal</i> .....	31
<b>Tabla 2</b> <i>Mantenimiento procesos de osmosis inversa año 2020 -2021</i> .....	63
<b>Tabla 3</b> <i>Mantenimiento procesos de osmosis inversa año 2021-2022</i> .....	64

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Planta General de Termocandelaria S.C.A. E.S.P.</i> .....	29
<b>Figura 2</b>	<i>Ubicación de la zona dosificación de químicos para las osmosis inversas.</i> .....	30
<b>Figura 3</b>	<i>Diagrama de proceso de agua desmineralizada</i> .....	42
<b>Figura 4</b>	<i>Vista lateral</i> .....	48
<b>Figura 5</b>	<i>Vista superior</i> .....	49
<b>Figura 6</b>	<i>Vista lateral</i> .....	49
<b>Figura 7</b>	<i>Armado de andamios para ubicar tubería y soportes.</i> .....	52
<b>Figura 8</b>	<i>Prefabricado e instalación de soportes.</i> .....	53
<b>Figura 9</b>	<i>Prefabricación de tubería, accesorios y Aplicación de Pintura.</i> .....	54
<b>Figura 10</b>	<i>Prefabricación de tubería, accesorios y Aplicación de Pintura.</i> .....	55
<b>Figura 11</b>	<i>Instalación de medidores.</i> .....	56
<b>Figura 12</b>	<i>Instalación de tubería</i> .....	56
<b>Figura 13</b>	<i>Presión de flujo de producción de Ósmosis inversa 1(GPM) y Ósmosis inversa 2 (GPM)</i> .....	65
<b>Figura 14</b>	<i>Costo por mantenimiento año 2020 - 2021</i> .....	66
<b>Figura 15</b>	<i>Número de horas fuera de servicio año 2020 - 2021</i> .....	67

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Evidencias fotográficas</i> .....	75
--	----

## Introducción

Todas las empresas ahora buscan la mejora continua de los procesos para eliminar costos innecesarios y garantizar un servicio de calidad, logrando en última instancia ganancias significativas en eficiencia y prestación de servicios, representa un proceso de mejora continua, en el cual todas las áreas de la empresa buscan satisfacer las necesidades del cliente o anticiparse a ellas, participando activamente en el desarrollo de productos o en la prestación de servicios (Pizzo, 2013).

La implementación de un modelo de gestión para diseñar una red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa termocandelaria la cual es una empresa generadora de energía eléctrica, que ofrece a Colombia y a la Región Caribe alta confiabilidad y disponibilidad. La cuál posee una planta de agua para alimentar las turbinas de gas para su proceso, en donde esta agua debe pasar por varias etapas como la osmosis inversa en donde se adiciona un químico llamado anti-escalante para evitar las formación de incrustaciones de minerales en los equipos, esta adición se realiza de manera manual en donde no hay puntos para la toma de agua desmineralizada, por lo cual se presenta muchos retrasos a la hora de realizar la preparación de este químico, por esta razón se trabajó en este proyecto para mejorar las condiciones operacionales y los procesos, permitiendo que la empresa tenga una mayor confiabilidad y disponibilidad de sus plantas (Termocandelaria,2021).

El propósito de esta propuesta es proporcionar para la empresa Termocandelaria la mejora de la red de implementación de agua desmineralizada, lo que le permite resolver los problemas argentes en el proceso.

La propuesta se enfoca en implementar un modelo de gestión para diseñar un montaje de una red de suministro de agua desmineralizada para que supla las necesidades y exigencias en la

preparación de químico en planta de agua en el proceso de osmosis inversa.

El proyecto permite optimizar tiempos, falla que fue detectada en el análisis del proceso y que resulta fundamental a la hora de generar indicadores (KPI's), que permitan llevar control y mediciones de resultados. Esta optimización permite menos esfuerzo, lo cual se traduce en mejores resultados y por supuesto rentabilidad ya que aumenta la productividad y la eficiencia.

Por esta razón Termocandelaria una de las empresas generadoras de energía más importantes de la ciudad de Cartagena, este proyecto genera valor agregado a la compañía pues permite corregir una falla que afecta un proceso productivo el cual genera perdida de tiempo y mediciones incorrectas, permite ampliar nuestros conocimientos como Ingenieros Industriales, incentivar la investigación y mejorar la calidad de vida de los operarios involucrados en el proceso (Termocandelaria,2021).

De esta forma se abordarán cinco momentos del Método de Refinamiento, comenzando con un diagnóstico del procedimiento actual, detallando una propuesta de aplicación del método, y finalizando con un plan de acción que sustente esta investigación.

## **Justificación**

Termocandelaria S.C.A. E.S.P, es una de las empresas generadoras de energía más sólidas que tiene la ciudad de Cartagena de Indias. Cuenta para su producción con dos unidades generadoras de energía, las cuales pueden operar con gas natural y/o combustible líquido. Entre sus procesos se realiza agua desmineralizada con equipos de última tecnología que abastece de agua a dos turbinas para la generación eléctrica con una producción de 40 galones por minutos de agua desmineralizada, el cual en la actualidad presenta algunas falencias que generan fallas y por ende afectación en el proceso productivo por pérdidas de tiempo y medidas incorrectas al momento de la preparación de los químicos. Los indicadores que se esperan es realizar una mejor preparación de químicos, evitar contra tiempos al momento de la preparación y hacer más automatizado y preciso en el proceso (Termocandelaria,2021).

Este proyecto se busca resolver esta necesidad en Termocandelaria y sirve para tomar experiencia en proyectos empresariales aplicativos de desarrollos profesionales y tecnológicos, que por más simples que sean ayudan a mejorar procesos, internos a la compañía logrando resultados positivos. La idea de este proyecto es investigar un modelo de gestión de una red de suministro de agua desmineralizada, para así agilizar su proceso de producción y que el operario tenga las mejores condiciones en realizar sus tareas y no tengas contratiempos en sus funciones, también se piensa investigar en un dispositivo, que ayude en la medición en la preparación del químico para no tener errores y hacer una dilución perfecta.

El proyecto permite optimizar tiempos, falla que fue detectada en el análisis del proceso y que resulta fundamental a la hora de generar indicadores KPIS que permiten llevar control y mediciones de resultados, permitiendo menos esfuerzos y rentabilidad ya que aumenta la

productividad y la eficiencia, mejorando los puntos de trabajo haciéndolos ergonómicos para el operario; permitiendo en si una mayor exactitud en la medición del agua dentro de un proceso industrial. Considerando entonces que entre el 60% al 80% de las fallas en los procesos industriales están directamente relacionados con un inadecuado sistema de medición.

Por consiguiente, este proyecto genera valor agregado a la empresa Termocandelaria S.C.A. E.S.P, ya que se proporcionará el agua desmineralizada a la zona de dosificación de químicos necesarios en la preparación de Anti – Escalante, prolongando la limpieza de las membranas de la osmosis inversa, brindando un servicio de calidad al consumidor final.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un modelo de gestión de una red de suministros de agua desmineralizada que mejore la eficiencia del proceso de preparación de anti-Escalante, en la zona dosificación, de la compañía Termocandelaria de la ciudad de Cartagena.

### **Objetivos Específicos**

Definir un modelo de gestión que permita optimizar en el diseño en la red tubería de suministro de agua desmineralizada en planta de agua.

Diseñar la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada que se ajusten a los requerimientos y calidad de la empresa Termocandelaria.

Identificar las debilidades y problemáticas en la preparación de químicos en la zona dosificación en planta de agua.

## Planteamiento del problema

### Descripción del problema

El proceso de generación en Termocandelaria este compuesto de la siguiente forma: El aire es succionado del ambiente por medios de 480 filtros de una micra, después pasa por un sistema de compresión de aire axial en un compresor de 16 etapas, la descarga de este aire de alta presión es suministrado a las canastas combustoras de la turbina. El flujo de aire- combustible pasan a las 4 etapas de la turbina la cual suministra energía mecánica al rotor y los gases que se generan salen por el exosto de la turbina. El sistema de agua desmineralizada se utiliza para contener las emisiones de dióxido nitroso y también ayuda aumentar la potencia de la turbina 8 megavatios (Termocandelaria,2021).

El rotor de la turbina se le suministra corriente continua mediante un juego de escobillas, la corriente continua y el movimiento del rotor produce un campo magnético giratorio que induce un grupo de corrientes trifásicas en el estator en los bornes del generador con una potencia de 13.8 kilovoltios en el devanado de baja en la cual son elevados mediante un transformador de potencia a 220kilovoltios. Ya sincronizada la turbina de gas al sistema interconectado nacional, se carga eléctricamente la rampa la cual se coloca la potencia en el cual requiere el sistema para reabastecer y mantener la red eléctrica (Termocandelaria,2021).

Termocandelaria S.C.A. E.S.P. Es una empresa de generación de energía, cuya actividad comercial se inició en el año 2000. El sistema eléctrico de Colombia generalmente requiere electricidad para satisfacer las necesidades energéticas. Ubicado en la zona industrial de Mamonal, en la ciudad de Cartagena, ofrece alta confiabilidad, disponibilidad, flexibilidad y adaptación constante a sus necesidades, con excelente calidad de servicio y producto, además de

tecnologías limpias y sustentables que cumplen con altos estándares internacionales, competente personas y procesos eficientes. Poseen una planta de agua de microfiltración con dos trenes de producción ósmosis inversa, la cual su caudal de producción es de 460 galones por minutos de agua desmineralizada para alimentar su turbina de gas (Termocandelaria,2021).

La problemática que se viene presentando es por las deficientes operaciones en el proceso de osmosis inversas de planta de agua, ya que se están realizando demasiados mantenimientos correctivos por altas incrustaciones que en la actualidad se ven reflejadas en sus membranas y la ineficiencia en su producción que viene en forma creciente; en los mantenimientos se han encontrado incrustaciones y ensuciamientos por metales y sales insolubles como: carbono de calcio, sulfato de calcio, fosfato de calcio, sulfato de bario, sodio, potasio, nitrato, magnesio, cloruro etc. Con el tiempo estas concentraciones de solutos se han incrementado, hasta llegar a afectar el 15 % de la producción del agua desmineralizada, que equivale a 70 gal/m perdidos de un total de 460 gal/m máximo que produce la osmosis inversa, datos técnicos con los cuales normalmente se trabaja en la empresa Termocandelaria. Otra consecuencia, es la disminución en la velocidad de permeación, impactando negativamente sobre la operación y el costo de mantenimiento de las membranas, de manera que es necesario reducir las concentraciones de solutos, lo cual se puede solucionar mediante una dosificación de químicos más precisa, como la de Anti Escalante, de la que se espera que sirva como método preventivo y preserve la membrana de sustancias o elementos agresivos (Pureaqua, s.f).

La preparación de los químicos dosificados que ayudarían a prevenir esta problemática se viene realizando de forma manual, como lo es el traslado de agua desmineralizada hasta la zona de dosificación, donde se necesita para su inclusión al proceso de osmosis inversa, esto ocasiona

pérdida de tiempo y desgaste físico al operador, tiempo que puede emplearse en otras actividades del proceso; así como la pérdida de agua durante su transporte, la cual impacta en la proporción de los fluidos a diluir, debido a su inexactitud (Carbotecnia, 2023)

Es por esta razón que el campo de acción para el desarrollo de esta problemática requiere procesos de producción, logística, seguridad, estandarización, gerencia entre otros, dando mejora en el rendimiento, productividad y factibilidad del proceso de preparación del Anti -Escalante en la empresa Termocandelaria S.C.A. E.S.P.

### **Formulación del Problema**

¿Cuál sería el diseño adecuado de una red de suministro de agua desmineralizada para la preparación de químico de anti-Escalante en la empresa Termocandelaria en Cartagena?

## **Marco referencial**

### **Marco Teórico**

#### ***Sistema planta agua***

Como parte del sistema en zona de planta de agua y dosificación de químicos, no estamos contando con agua desmineralizada la preparación de anti-Escalante, lo que ayuda a mejorar el rendimiento, la productividad y reduce los atrasos laborales y además de esos contaríamos con mejorar la preparación de este químico ya que no se está haciendo la dilución exacta y lo que se necesita las membranas de osmosis inversas

#### **El agua**

El agua obtenida de diferentes fuentes, como ríos, pozos o el mar, con diferentes proporciones de sales minerales disueltas. Se utilizan procesos físico-químicos adaptados al tipo de agua bruta ya los requisitos de calidad final del agua para conseguir el valor óptimo de salinidad del agua y hacerla apta para uso y consumo industrial.

Los requisitos de calidad del agua varían según el uso para la agricultura, la pesca, la vida silvestre, la recreación especial y el uso industrial o la generación de energía.

Vale la pena mencionar que los requisitos de calidad del agua no deben confundirse con los estándares de calidad del agua. El primero se basa en la experiencia del usuario, mientras que el segundo es una cantidad determinada por las autoridades públicas (Arellano, 2002).

### *Clasificación del agua.*

**Los componentes:** Los sólidos disueltos en agua están formados por varios elementos y compuestos, cuya clasificación se ha descrito detalladamente (Arellano, 2002). Nótese que se pueden dividir en cinco categorías según la composición del agua, que estará muy relacionada con el tratamiento que se realice, así:

**Componentes principales:** la concentración es superior a 5 mg/l. Bicarbonato, calcio, cloruro, magnesio, materia orgánica, sílice, sodio, sulfato, sólidos disueltos totales. Componentes minoritarios: concentración superior a 0,1 mg/l. Amoníaco, boratos, fluoruros, hierro, nitratos, potasio y estroncio. Componentes terciarios: la concentración es superior a 0,01 mg/l. Aluminio, arsénico, bario, bromuro, cobre, plomo, litio, manganeso, fosfato y zinc.

**Microcomponentes:** la concentración es inferior a 0,01 mg/l. Antimonio, cadmio, cromo, cobalto, mercurio, níquel, estaño y titanio. Componentes transitorios: acidez-alcalinidad, ciclos biológicos (ciclo del carbono, ciclo del oxígeno, ciclo del nitrógeno y ciclo del azufre) y reacciones redox, cuya detección es importante para determinar tratamientos posteriores.

Según la dureza, el agua se puede dividir en agua blanda, agua ligeramente dura, agua de dureza media y agua dura. En función de la calidad final deseada, la eliminación de estas impurezas del agua en forma de sólidos disueltos, sólidos en suspensión, estados coloidales, colorantes, etc., mediante procesos de separación sólido-líquido (filtración, sedimentación, etc.), con procesos de aireación (oxidación), intercambio iónico, etc. (Arellano, 2002). Los problemas de corrosión e incrustaciones causados por el agua y sus impurezas están relacionados con los siguientes factores: solubilidad de las impurezas, pH del agua, acidez y alcalinidad, así como condiciones de oxidación y reducción. Una comprensión detallada de estos factores es

importante porque son parte del conocimiento básico del agua que se debe aprender para comprender los problemas mencionados al principio y son parte del trabajo diario en el campo del tratamiento del agua.

### ***Caracterización de agua de alimentar a generador de vapor en termoeléctricas***

Según Arellano, (002), la presión del vapor (150 kg/cm<sup>2</sup>) (14,8 MPa) determina la temperatura y la capacidad energética y determina la calidad del agua de alimentación. La regla general es que cuanto mayor sea la presión, más estricta debe ser la calidad del agua de alimentación de la caldera. Los problemas causados por las impurezas en el agua de alimentación incluyen: incrustaciones, corrosión, burbujas de aire y atrapamiento de vapor con cilindros de minerales volátiles (Arellano, 2002).

Algunos de los parámetros más importantes para la gestión del agua son: pH, dureza cálcica y magnésica, concentración de oxígeno, sólidos disueltos, sólidos en suspensión y concentración de materia orgánica. Su análisis identificará las tecnologías que componen una planta de tratamiento químico de agua, que incluyen: ósmosis inversa, dosificación química y desalinización por evaporación.

### ***Ósmosis Inversa***

La ósmosis inversa es una tecnología de membrana que separa la sal del agua. Se basa en un proceso de difusión a través de una membrana semipermeable que facilita el paso de gases disueltos y moléculas de bajo peso molecular sin cargas electrostáticas (Arellano, 2002).

En los últimos años, la tecnología de membranas de ósmosis inversa (OI) se ha vuelto popular, especialmente antes del proceso de intercambio iónico. Esto puede reducir significativamente la cantidad de agentes regeneradores como la sal, el ácido sulfúrico y el ácido cáustico. Además, el uso de ósmosis inversa reduce la conductividad del agua de alimentación de calderas de media y baja presión, lo que reduce los requisitos de purga de calderas y aumenta los ciclos de enriquecimiento (Chemtreat, 2022).

Es un sistema definido para la obtención de agua limpia con baja salinidad, libre de virus y contaminantes químicos. Se utilizan membranas permeables cuya configuración cambia en función de las características del agua tratada.

#### ***Tipología de ósmosis inversa en función de la configuración de las membranas***

Membranas en espiral

Membrana de discos

Membranas vibrantes

#### ***Tratamiento de agua mediante ósmosis inversa***

Una clave para cualquier sistema de membrana es un sistema de pretratamiento bien diseñado y supervisado. El monitoreo frecuente de la química del agua, la actividad microbiológica, el índice de densidad de sedimentos (SDI) y otros elementos potenciales de ensuciamiento proporciona una mejor comprensión de la operación de la ósmosis inversa. Buscar señales clave dentro del sistema de pretratamiento y observar los datos de las tendencias puede ayudarle a detectar problemas antes de que ocurran (Chemtreat, 2022).

### ***El Anti-Escalante***

Están diseñado para reducir de forma significativa la formación de incrustaciones y las incrustaciones en los sistemas de membranas. Los anti incrustantes son adecuados y se usan de forma efectiva en una variedad de fuentes de agua de alimentación, incluida agua salobre, aguas residuales y agua de mar (American Water Chemicals, s.f.).

Además, mejora la eficacia contra una gran variedad de sustancias que forman incrustaciones y mantiene las incrustaciones en suspensión. Las incrustaciones y sedimentos comunes incluyen carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario, sulfato de estroncio, fluoruro de calcio, hierro, material coloidal, sílice y otros contaminantes orgánicos (Suezwatertechnologies, 2021).

### **Como Actúa**

El anti-Escalante es un anti incrustante, el cual en un tratamiento previo se inyecta al agua de alimentación que fluye por la membrana de ósmosis inversa y evita que haya des incrustaciones en la misma. Las incrustaciones en la membrana de ósmosis inversa ocurren cuando las partículas se acumulan en una membrana y hacen que los poros de la membrana se obstruyan (Suezwatertechnologies, 2021).

Algunos revestimientos y depósitos comunes son carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario, sulfato de estroncio, fluoruro de calcio, hierro, materiales coloidales, sílice y otros contaminantes orgánicos (Suezwatertechnologies, 2021).

### **Características y beneficios**

Son eficaces para controlar las incrustaciones e incluyen sílice, carbonato de calcio, sulfato de calcio, sulfato de bario y sulfato de estroncio.

Compatible con las membranas de ósmosis inversa y nana filtración.

Mantienen superficies de membranas más limpias al dispersar las incrustaciones particuladas.

Los sistemas de ósmosis inversa se pueden usar con caudales de recuperación más altos, y esto se traduce en un costo de operación más bajo. Anti Escalante como actúa y sus beneficios

### **Modelos de gestión**

Dirigir una empresa requiere definir un modelo de gestión acorde a sus objetivos y al ADN de la organización. Por lo tanto, la organización y gestión de la empresa puede alcanzar la excelencia, ganarse al público y volverse más competitiva. En este sentido, la empresa puede aceptar la gestión de diferentes organizaciones. Podemos definir la gestión organizacional como una serie de prácticas y estrategias que conducen a resultados positivos en los modelos de negocio (Pro-optim, 2020).

**Gestión por resultados.** La gestión basada en el desempeño se basa en las metas y objetivos de la organización, los cuales deben estar alineados con la planificación estratégica. La idea detrás de este modelo de gestión es involucrar a la dirección ya los socios en la definición y búsqueda de resultados previamente establecidos.

Estos resultados deben ser monitoreados continuamente. En este tipo de gestión, el resultado alcanzado es más importante que el método por el cual se logra. Los objetivos que son el foco de la gestión basada en el desempeño se definen para los diferentes niveles de la organización (Pro-optim, 2020).

**Gestión democrática.** En la gestión democrática, los empleados participan en los procesos de toma de decisiones y se involucran activamente en la definición de estrategias. Este modelo de gestión tiene en cuenta el capital intelectual de la empresa y tiene como objetivo crear una relación más cercana con los empleados. Este modelo es utilizado principalmente por cooperativas o empresas con un alto nivel de desarrollo humano (Pro-optim, 2020).

**Gestión basada en procesos.** La gestión de procesos se centra en la mejora continua de los procesos de una organización. El objetivo de una empresa que adopta este modelo es controlar y evaluar el desempeño de los procesos y estandarizarlos, así como identificar e implementar siempre las mejores prácticas. Con este tipo de gestión, también buscamos mejorar las relaciones entre los diferentes sectores de la empresa, sistematizar los flujos de trabajo y reducir costos (Pro-optim, 2020).

**Gestión centralizada.** Si en el modelo anterior se compartía el poder de decisión, aquí la toma de decisiones se dirige a la figura del líder. En la gestión centralizada, el gerente está en el centro de todo. Establezca metas, delegue responsabilidades, controle el desempeño, brinde instrucciones y decida todo. Aunque pueda parecer un poco radical, este tipo de gestión es muy recomendable cuando el equipo está formado por profesionales sin experiencia o poco formados.

Por lo tanto, es trabajo del gerente tomar las riendas y dirigir a los empleados. Se puede decir que este modelo fue más utilizado en el pasado que en las empresas actuales (Pro-optim, 2020).

## **Marco referencial**

### ***Historia de la empresa***

Termocandelaria S.C.A. E.S.P. es una empresa generadora de energía eléctrica, cuya operación comercial data hacia el año 2000, la cual usualmente es requerida por el sistema eléctrico colombiano para atender algunas necesidades en demanda de energía. Tiene una planta de agua en el cual produce 460 gpm para alimentar sus turbinas de gas para su proceso.

Es una empresa de generación de energía que brinda a Colombia y el Caribe alta confiabilidad, disponibilidad, flexibilidad y constante adaptación a sus necesidades, brindando un excelente servicio y calidad de producto, generando valor para nuestros grupos de interés. En 2020, Termocandelaria dio a conocer su modernización, por ser considerada la central térmica más moderna y eficiente de Colombia (Termocandelaria, 2021).

### ***Misión***

Somos una empresa de generación de energía que brinda a Colombia y el Caribe alta confiabilidad, disponibilidad, flexibilidad y adaptabilidad constante a sus necesidades, brindando un excelente servicio y calidad de producto, generando valor para nuestros grupos de interés. Contamos con producción limpia y sustentable, alta tecnología, empleados competentes y procesos eficientes que cumplen con los estándares internacionales (Termocandelaria, 2021).

### ***Visión***

Hasta el 2030, seguiremos siendo reconocidos como una empresa que brinda altos niveles de confiabilidad y disponibilidad al sistema eléctrico colombiano, trabajando para mejorar la eficiencia e innovación de nuestros procesos y buscando oportunidades para ganar más participación de mercado para cumplir con las expectativas del inversor. (Termocandelaria, 2021)

### ***Ubicación y Distribución del proceso agua desmineralizada en la empresa Termocandelaria.***

**Ubicación Geográfica.** Termocandelaria S.C.A. Es una empresa privada ubicada en el polígono industrial Mamonal de Cartagena. Cuenta con dos unidades Westinghouse 501F de 157 MW para generar electricidad, que vende al mercado mayorista de energía. Estas unidades pueden ser operadas con gas natural o fuel oil no. 2. Su ubicación estratégica asegura un suministro continuo de gas natural y combustible líquido, ya que cuenta con acceso directo a la Troncal de Gas de la Costa, el puerto de Cartagena y la refinería de Ecopetrol.

### **Figura 1**

*Planta General de Termocandelaria S.C.A. E.S.P.*



Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la ubicación es la zona de dosificación de químicos de las osmosis inversas queda en planta agua, para la nueva red de suministro que se quiere implementar.

## Figura 2

*Ubicación de la zona dosificación de químicos para las osmosis inversas.*



Fuente: Elaboración propia.

## Marco legal

En la siguiente tabla se sintetiza el marco legal asociado a dicha investigación:

**Tabla 1***Marco legal*

<b>Norma</b>	<b>Descripción e incidencia en el proyecto de investigación</b>
<b>Resolución 909 de 2008</b>	Establece normas y estándares para los contaminantes que pueden ser emitidos a la atmósfera desde fuentes fijas de contaminación y establece otras regulaciones. Esta decisión se utiliza para evaluar si las emisiones permitidas de la planta Termocandelaria cumplen con los estándares establecidos y regulados por la Agencia Danesa de Protección Ambiental.
<b>Resolución 1207 de 2014</b>	Aquí se han adoptado normas para el uso de aguas residuales tratadas. Esta solución se utiliza para evaluar varias aplicaciones de aguas residuales de ósmosis inversa.
<b>Resolución 0631 de 2015</b>	Define parámetros específicos de descarga y límites máximos permisibles para cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público y emite otras normas. Esta solución se utiliza para evaluar los resultados de la caracterización del agua repulsiva por ósmosis inversa de acuerdo con las autoridades ambientales competentes.
<b>Resolución No. 0844 de 08 de noviembre de 2018</b>	Desarrollo de requisitos técnicos para proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento básico en zonas rurales (Ministerio de Vivienda, Ministerio de Vivienda, Ciudades y Regiones, 2018). Desarrolla los requisitos técnicos para las fases de planificación, construcción y puesta en marcha, gestión, operación y mantenimiento de la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable en zonas rurales.
<b>Resolución No. 0799 de 09 de diciembre de 2021</b>	Resolución revisada No. 0330 de 2017 (Vivienda, Asociación de Escuelas de Ingeniería de Columbia, 2021). Esta resolución revisa y actualiza algunas de las reglas y parámetros establecidos en 2017 a las 0330.

Nota. Esta tabla muestra las resoluciones legales que hacen referencia al tema de estudio. Fuente: Congreso de Colombia

## Marco conceptual

**Hidroenergía:** Es la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de un cauce o cuando se encuentra embalsada (energía potencial) a cierta altura y se dejar caer para producir energía eléctrica. (Ingfocol, 2014).

**Central hidroeléctrica:** Una central hidroeléctrica es una instalación que permite el aprovechamiento de las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos, para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a generadores. Después de este proceso, el agua se devuelve al río en las condiciones en que se tomó, de modo que se puede volver a usar por otra central situada aguas abajo o para consumo. (Ingfocol, 2014).

**Presa.** Se encarga de contener el agua de un río y almacenarla en un embalse (Ingfocol, 2014).

**Sala de máquinas.** Construcción donde se sitúan las máquinas (turbinas, alternadores) y elementos de regulación y control de la central (Ingfocol, 2014).

**Turbina.** Elementos que transforman en energía mecánica la energía cinética de una corriente de agua (Ingfocol, 2014).

**Alternador o generador.** Tipo de generador eléctrico destinado a transformar la energía mecánica en eléctrica (Ingfocol, 2014).

**Conducciones.** La alimentación del agua a las turbinas se hace a través de un sistema complejo de canalizaciones (Ingfocol, 2014).

**Agua:** El agua obtenida mediante la extracción en distintos orígenes como ríos; pozos o mar, presentan distintas proporciones de sales minerales disueltas. Para lograr un valor óptimo de sales presentes en el agua y que esta sea adecuada para el uso tanto industrial como para el consumo humano, se hace uso de procesos físicos y químicos adaptados a la clase de agua cruda y a la calidad final que se requiere del agua tratada (Recimundo, 2020).

**Componentes primarios:** concentración mayor a 5 mg/L. Bicarbonato, calcio, cloruro, magnesio, materia orgánica, sílice, sodio, sulfato, sólidos totales disueltos (Recimundo, 2020).

**Componentes secundarios:** concentración mayor a 0,1 mg/L. Amoníaco, borato, fluoruro, hierro, nitrato, potasio y estroncio (Recimundo, 2020).

**Componentes terciarios:** concentración mayor a 0,01 mg/L. Aluminio, arsénico, bario, bromuro, cobre, plomo, litio, manganeso, fosfato y zinc (Recimundo, 2020).

**Componentes trazas:** concentración menor a 0,01 mg/L. Antimonio, cadmio, cromo, cobalto, mercurio, níquel, estaño y titanio (Recimundo, 2020).

**Componentes transitorios:** Acidez-alcalinidad, ciclos biológicos (ciclo del carbono, ciclo del oxígeno, ciclo del nitrógeno y el ciclo del azufre) y reacciones del tipo redox, siendo importante la determinación de los mismos para definir el tratamiento a seguir (Recimundo, 2020).

**La tecnología de membranas de ósmosis inversa (OI):** ha ganado mayor popularidad en los últimos años, en especial antes de los procesos de intercambio iónico. Puede reducir significativamente la cantidad de regenerantes, como sal, ácido sulfúrico y cáustico. Además, la utilización de ósmosis inversa reduce la conductividad del agua de aporte para calderas de

presión baja a media, lo que permite reducir las necesidades de purga de la caldera y aumentar los ciclos de concentración (chemtreat, s.f.).

**Membranas en espiral:** Una membrana en espiral se compone de una serie de «sobres» de membrana con 2 láminas de membrana separadas por una malla espaciadora de permeado, cada una pegada a un tubo central de recolección de permeado (Alfalaval, 2022).

Membrana de discos: Cartuchos de membrana finos y precortados para una filtración rápida y de alto rendimiento de muestras de líquidos y gases. Discos con rejilla y sin rejilla. Varios materiales, incluidos éster de celulosa mixta, policarbonato, PTFE, nailon y PVDF. Para monitorización ambiental/investigación analítica (Alfalaval, 2022).

**Membranas vibrantes:** Las membranas vibratorias VR permiten recuperar entorno al 90% de las aguas tratadas como agua limpia que pueden ser vertida o reutilizada. El tipo de membrana que se utilice en los Sistemas VR varía en función del efluente a tratar (Alfalaval, 2022).

## **Metodología**

### **Diseño de investigación**

La presente investigación tiene un diseño metodológico de tipo mixto (cualitativa y cuantitativa), que aporten información precisa sobre la efectividad en el proceso de la preparación de químicos en planta de agua en la empresa termocandelaria. Y descriptivo, con el cual se busca Implementación de un modelo de gestión para diseñar una red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa Termocandelaria, con el fin de brindar una mejor continuidad y efectividad en el servicio general de uso en los diferentes y diversos equipos que constituyen la operación de esta planta agua, cuyo fin comercial es genera ración tener un agua desmineralizada en óptimas condiciones, ya que ella hace parte del proceso en la generación eléctrica.

Así mismo la investigación tiene un enfoque documental ya que se recopilará información a través de la revisión bibliográfica.

Las etapas propuestas para cumplir con los objetivos de esta investigación:

Recolección de información acerca de la empresa.

Diagnóstico inicial de la empresa.

Elección del modelo de gestión a utilizar

Conocer las debilidades y problemáticas en la preparación de químicos en la zona dosificación.

Diseño de la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada.

## **Análisis de resultados**

Para el cumplimiento de este capítulo se hace necesario la realización de los objetivos planteados para esta investigación y dar cumplimiento a la pregunta de investigación planteada ¿Cuál sería el diseño adecuado de una red de suministro de agua desmineralizada para la preparación de químico de anti-Escalante en la empresa Termocandelaria en Cartagena?

### **Modelo de gestión que permita optimizar en el diseño en la red tubería de suministro de agua desmineralizada en planta de agua.**

En los últimos años ha habido debates interesantes, aunque a veces manipulados políticamente, sobre los modelos de gestión del agua potable en las ciudades. Las diversas situaciones en nuestro país se pueden resumir en tres aspectos básicos: gestión totalmente pública del abastecimiento urbano, gestión privada o gestión mixta (Olcina, 2018).

En el primero se aceptan los servicios comunales, que acometen todas las etapas del ciclo del agua de la ciudad, desde la llegada del agua a los depósitos municipales hasta la distribución a domicilio y la posterior evacuación del agua a la red de alcantarillado. Sus altos costos financieros, relacionados principalmente con los costos de administración e inversión para el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura, han obligado a algunas unidades estructurales municipales a encomendar esta obra a empresas de capital privado, quienes luego de la realización de concursos públicos se encargan del período, Concesión de gestión de los recursos hídricos de la ciudad (Olcina, 2018).

El proceso de franquicia también puede darse según una fórmula híbrida, donde el proveedor del servicio asume una mayor o menor parte de la gestión. El más común de estos modelos suele garantizar el control por parte de una entidad pública mediante la creación de una

empresa híbrida en la que al menos el 51% es propiedad del ayuntamiento. La toma de posesión de un ayuntamiento por parte de un partido progresista generalmente implica una revisión de las concesiones municipales de agua potable y el compromiso de utilizar plenamente los modelos de gobernanza pública que se cree que brindan un servicio más eficiente. Sin embargo, esto no siempre es así, ya que después de la municipalización del suministro de agua de la ciudad, la calidad de los servicios prestados a los vecinos muchas veces se deteriora, las necesidades de los vecinos deben ser atendidas de la manera más estricta y transparente, que es el objetivo más importante de tal actividad (Olcina, 2018).

En los últimos años, también hemos sido testigos del proceso contrario. Los gobiernos municipales que otorgan derechos de franquicia a largo plazo, atraídos por los ingresos millonarios de las empresas franquiciadoras, muchas veces se desperdician en un corto período de tiempo, y la calidad de los servicios sufre por la falta de control sobre las condiciones establecidas en los contratos.

Para el cumplimiento de este objetivo se hace un estudio de gestión mixta ya que En la gestión de los recursos hídricos en las ciudades se deben observar los criterios de eficiencia y eficacia, la calidad de los servicios prestados a los ciudadanos, la transparencia de todos los procesos del ciclo integral del agua urbana y se deben realizar inspecciones periódicas. Servicios prestados a través de sistemas de auditoría fiscal y ambiental. Si este ejercicio se lleva a cabo a satisfacción de la autoridad pública, la situación se adapta mejor para operar como un principio general bajo las obligaciones de suministro de agua de la autoridad local y las condiciones del agua pública. Pero si esta labor la realiza una empresa privada, con rigor y transparencia, es tan razonable como un modelo de gestión municipal en toda regla (Olcina, 2018).

Es importante que el ciudadano cuente con servicios adaptados a sus necesidades, que proporcionen agua en calidad y cantidad suficiente para el pleno funcionamiento de la ciudad, y que pueda "controlar" la gestión del agua potable del municipio para abastecer de acuerdo con varias fórmulas legales, la fórmula híbrida, que a menudo otorga a los municipios el control sobre la gestión financiera, el establecimiento de tarifas y cuotas y la participación privada para garantizar la eficiencia de la gestión del ciclo integral del agua, la mejora continua de la infraestructura y la innovación continua del proceso. Mejores resultados y mayor satisfacción del consumidor (Olcina, 2018).

Este tipo de agua se nombra así debido al proceso de desionización por el que pasa, en el que se separan los aniones y cationes del agua. Pero durante este proceso no se elimina otro tipo de organismos o compuestos, por tal es normalmente es uno de los últimos procesos para la purificación del agua.

El sistema de intercambio iónico, se puede producir agua desionizada en plantas de ósmosis inversa. La ósmosis inversa es la filtración más completa que se conoce. Este proceso permite eliminar pequeñas partículas de iones de la solución. La ósmosis inversa se utiliza para purificar el agua y eliminar las sales y otras impurezas para mejorar el color, el sabor u otras propiedades del líquido. La ósmosis inversa puede repeler bacterias, sales, azúcares, proteínas, partículas, colorantes y otros ingredientes con un peso molecular superior a 150-250 daltons. La ósmosis inversa cumple con la mayoría de los estándares de agua con un sistema de un solo ciclo y el más alto con un sistema de dos ciclos. Este proceso consigue hasta un 99,9% de rechazo a virus, bacterias y pirógenos. La fuerza impulsora detrás del proceso de limpieza por ósmosis inversa es una presión entre 3,4 y 69 bares. Es mucho más eficiente que el cambio de fase

(destilación) y más eficiente que los químicos fuertes requeridos para la regeneración en los procesos de intercambio. Las partículas cargadas contribuyen a la separación de iones en la ósmosis inversa. Esto significa que los iones de soluto que tienen carga, como las sales, tienen más probabilidades de repeler la membrana que los que no tienen carga, como los compuestos orgánicos. Cuanto mayor sea la carga y la partícula, más probable es que sea repelida (Lenntech, 2023).

Es por esta razón que dicho modelo de gestión se ajusta a la distribución del proceso de agua desmineralizada en la planta Termocandelaria, de la siguiente manera:

A continuación, se muestran las etapas adaptadas de este modelo para dicha investigación

### **Primera etapa**

Se suministra el agua cruda que nos comercializa agua de Cartagena a través del canal del dique ubicado en la zona sur de la planta, esta agua es succionada por dos bombas que ponen 1000 galones por minutos en su descarga.

### **Segunda etapa**

El agua que viene de las bombas de agua cruda en la tubería se les inyecta tres clases de químicos que son:

**Polímero:** es un químico que ayuda a inducir el proceso de floculación, un proceso químico que une la materia coloidal de las partículas suspendidas en el agua cruda para su posterior filtración y eliminación.

**Sulfato de aluminio:** este químico limpia el agua cruda porque es un coagulante y por lo tanto sedimenta los sólidos en suspensión que tardan mucho tiempo en sedimentarse debido a su tamaño.

**Hipoclorito:** este químico es un agente blanqueador o desinfectante. Lo que se logra es solucionar y limpiar las desinfecciones que trae el agua cruda, ya que puede tener mucho material orgánico.

### **Tercera etapa**

Esta agua cruda pasa por un mezclador con los químicos que se le vienen inyectando para así ingresar al clarificador que su función es precisamente remover la turbiedad y el color del agua cruda eliminando las partículas finas presentes y esto se debe a la reacción de los químicos que se le adicionaron que fueron coagulación, floculación e hipoclorito. Los sólidos que se eliminan con este proceso de clarificación son en general arenas, y toda esa materia orgánica que viene del canal en donde se succiona el agua.

### **Cuarta etapa**

El agua cruda del decantador pasa a través de tres filtros de arena, los cuales cumplen la función de filtrar aguas con una carga de sólidos baja a media. Estos filtros atrapan partículas de hasta 5 micrones que no pueden suspenderse durante la clarificación. Los sólidos en suspensión transportados por el agua son retenidos a medida que pasan por el lecho de arena.

### **Quinta etapa**

El agua de paso del filtro de arena pasa por tres filtros de carbón cuya función es remover contaminantes como la materia orgánica; además, a menudo se usa para hacer que el agua cruda sea más apetecible porque también elimina los contaminantes que causan el mal olor.

### **Sexta etapa**

El agua del filtro de carbón ya es agua filtrada y en muy buenas condiciones ha sido sometida a ósmosis inversa, proceso que limpia el agua eliminando las partículas en suspensión. La tecnología de ósmosis inversa es un proceso físico-químico que replica la naturaleza y elimina las impurezas del agua haciéndola pasar a través de una membrana semipermeable que utiliza tres químicos:

**Anti-Escalante:** Este es un agente antical. Es un compuesto que tiene la propiedad de evitar la deposición de sales de agua en tuberías, tanques o cualquier película superficial (depósito).

**PC 56:** este químico es una biosida que se usa para dejar en remojo las membranas de la osmosis cuando no estén en servicio en un lapso muy extendido, con el fin de que no se creen bacterias en las aguas que se quedan depositadas en el interior de ella misma.

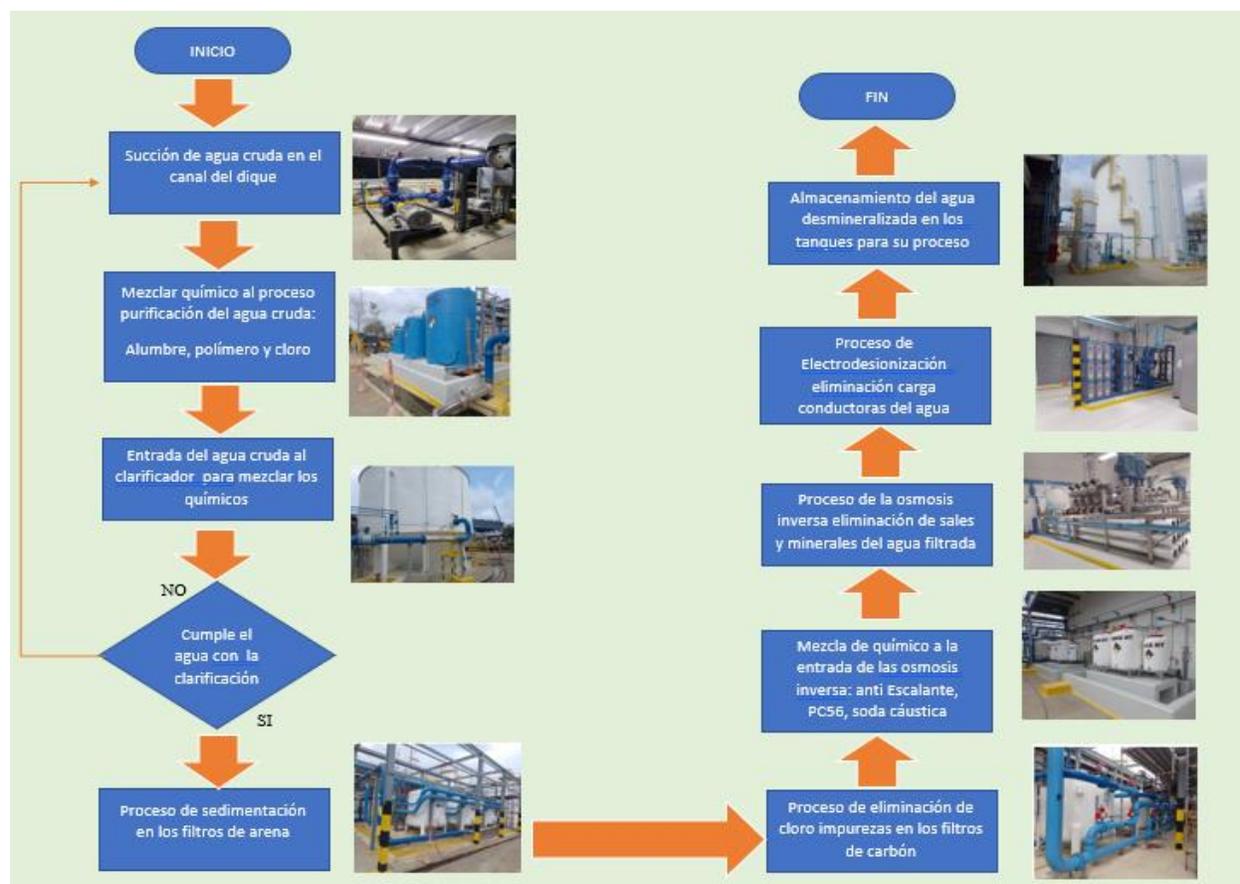
**Soda caustica.** La acción de este químico es la ósmosis inversa, que baja el pH del agua permeada, por lo que se debe agregar sosa cáustica para neutralizar el pH a un nivel aceptable.

### Séptima etapa

El agua de la ósmosis inversa se dirige a la ionización de electrodos, que es un proceso de intercambio de iones y resina para eliminar las partículas de iones del agua. Combina resinas y membranas de intercambio iónico para desviar las impurezas iónicas hacia las aguas residuales o la corriente de concentrados, lo que hace que el agua tratada no sea conductora y esté lista para usarse en turbinas.

**Figura 3**

*Diagrama de proceso de agua desmineralizada*



Fuente: Elaboración propia.

## **Debilidades y problemáticas en la preparación de químicos en la zona dosificación en planta de agua.**

El deterioro de los equipos de tratamiento de agua puede afectar negativamente la calidad del agua producida y poner la operación de las turbinas de gas. Los diagnósticos a menudo informan sobre un diseño deficiente, equipos obsoletos, bajas tasas de limpieza de filtros, dosificación química empírica, falta de políticas de mantenimiento, capacitación inadecuada del personal, etc. Basado en los principios de la gestión de la calidad, este trabajo propone estrategias de mejora continua en el marco de las buenas prácticas, a partir de la experiencia de cuatro plantas de tratamiento de agua representativas de proyectos existentes en Venezuela. Usando un análisis detallado de diseño, operación y controles, identificar parámetros y compararlos con los recomendados en la literatura; identificar prácticas comunes relacionadas con variables estructurales, funcionales/operativas y organizacionales y hacer recomendaciones para mejorar su eficacia y eficiencia. Haz un impacto positivo. La integración de los métodos de evaluación utilizados es una herramienta de apoyo para el análisis de los sistemas de plantas de tratamiento de agua, puede ser replicado en otros sistemas y es un requisito esencial para determinar los puntos críticos de control en el método de análisis. Puntos Críticos (APPCC) y Plan de Seguridad del Agua (PSA). Esta experiencia muestra que algunos de los cambios fundamentales propuestos se pueden aplicar con bajos costos en el corto y mediano plazo, especialmente aquellos relacionados con variables funcionales/operativas y organizacionales, y son soluciones a muchos acuerdos clave (Soluciones Medioambientales y Aguas, S.A 2015).

Por otro lado, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, que incluye plantas acuáticas, ríos, lagos, embalses, acuíferos, humedales u océanos, es el resultado de la actividad humana, en la que se introducen sustancias que modifican la composición del agua y

degradan . su contenido calidad, impide su uso y los hace no aptos para el consumo. Comprender qué elementos contaminan el agua y su papel en la degradación de la calidad del agua es esencial para predecir el origen de posibles desastres ambientales y prevenir sus efectos potencialmente dañinos sobre el medio ambiente y la salud humana. En este sentido, es importante prestar atención al tratamiento de las aguas residuales según sus características antes de verterlas en canales no contaminados para evitar daños a los ecosistemas acuáticos y la propagación de enfermedades en la cadena alimentaria (Soluciones Medioambientales y Aguas, S.A. 2015).

### **Contaminación de las aguas:**

La contaminación de las aguas puede deberse a la presencia de:

**Compuestos químicos orgánicos:** Estos son productos químicos que contienen carbono, como aceite, gasolina, plástico, pesticidas o productos de limpieza. La descomposición de estas moléculas orgánicas en el agua requiere la acción de bacterias aeróbicas, y si el agua se descarga sucia, consumirán el oxígeno que contiene y destruirán los organismos del agua. Cabe señalar que este tipo de sustancias pueden existir en el agua durante mucho tiempo, debido a que se obtienen artificialmente y su estructura molecular es muy compleja y es difícil que los microorganismos la degraden.

**Sustancias químicas inorgánicas:** Los altos niveles de ácidos, sales o metales tóxicos como el mercurio o el plomo en el agua pueden causar estragos en los ecosistemas acuáticos y reducir la biodiversidad. Proviene de emisiones domésticas, agrícolas e industriales, que pueden contener una variedad de compuestos. A veces se liberan directamente a la atmósfera y se absorben en el agua de lluvia.

Esta contaminación puede acumularse en la cadena alimentaria, lo que hace que los depredadores coman presas infectadas. Como resultado, las personas pueden estar expuestas a contaminantes químicos al comer pescado o mariscos contaminados, beber agua o participar en actividades recreativas.

La contaminación química también puede afectar negativamente al desempeño de actividades productivas como la agricultura o la ganadería, donde el agua es un elemento fundamental.

Los metales pesados se encuentran de forma natural en el agua, pero su aumento, aunque en ocasiones se debe al enriquecimiento natural en acuíferos con altas concentraciones de rocas, se debe principalmente a actividades humanas, como la minería y la explotación fluvial de plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, así como como la contaminación de las aguas subterráneas.

Por ejemplo, el mercurio, el zinc, el plomo, el cobre, el cadmio, el cromo y el níquel se utilizan en las pinturas de la industria textil y de impresión, el revestimiento de metales y el procesamiento de papel en la industria papelera. En la industria peletera, el arsénico también se utiliza como aditivo en la industria del plástico. Estas actividades y otras como la quema de gasolina con plomo también liberan metales como el plomo a la atmósfera, ríos y acuíferos utilizados para la agricultura y la ganadería, y se acumulan en los seres humanos. Las plantas que comemos y el agua del grifo que bebemos (Aconsa, 2021).

Algunos metales pesados que pueden estar en el agua son:

Mercurio, plomo, cadmio, cromo, arsénico, níquel y cobre

Niveles legales de estas sustancias químicas para el consumo de agua en humanos:

Arsénico: 10 microgramos/l

Cobre: 2 miligramos/l

Plomo: 10 microgramos/l

Cromo: 50 microgramos/l

Cadmio: 5 microgramos/l

Mercurio: 1 microgramos/l

Níquel: 20 microgramos/l

Actualmente, el nivel de sustancias pesadas en el agua se mantiene por debajo del límite legal y se considera seguro para el consumo humano. El impacto más preocupante es el impacto ambiental, ya que la calidad del agua puede afectar el equilibrio del ecosistema.

Por otro lado, el metano, el sulfuro de hidrógeno y el oxígeno (o la falta de ellos) son de gran preocupación en las plantas de tratamiento de aguas residuales. El sulfuro de hidrógeno y el metano son subproductos de la descomposición de la materia orgánica en el flujo de desechos que alimenta la planta. La acumulación de estos gases puede causar deficiencia de oxígeno o, en algunos casos, explosiones cuando se combinan con una fuente de ignición.

Sin embargo, los peligros de los gases existentes pueden ser enormes. Además de la peligrosidad de los tres gases principales, existen productos químicos de limpieza que se utilizan para tratar los desechos y las aguas residuales, como el amoníaco, el cloro, el dióxido de cloro o

el ozono. Las plantas industriales pueden emitir cantidades ilimitadas de gases tóxicos o explosivos a partir de productos químicos o sistemas locales de eliminación de desechos. Los peligros de los gases son casi imposibles de eliminar, por lo que los contratistas y los trabajadores permanentes deben confiar en equipos de detección de gases confiables para protegerlos. Si bien ningún monitor de gas único puede proteger a todos los trabajadores en todas las situaciones, un monitor de varios gases es un buen punto de partida. Un monitor estándar de 4 gases con sensores adecuados protege contra los grandes peligros del metano, el sulfuro de hidrógeno y el oxígeno.

Un cuarto sensor de gas (generalmente monóxido de carbono) a menudo se puede reemplazar con un sensor de amoníaco o cloro para brindar protección adicional contra uno de los peligros químicos más comunes. Actualizar su detector de cuatro a cinco o incluso seis gases le permite mejorar la detección y protegerse aún más de posibles peligros químicos.

**Diseño de la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada que se ajusten a los requerimientos y calidad de la empresa Termocandelaria.**

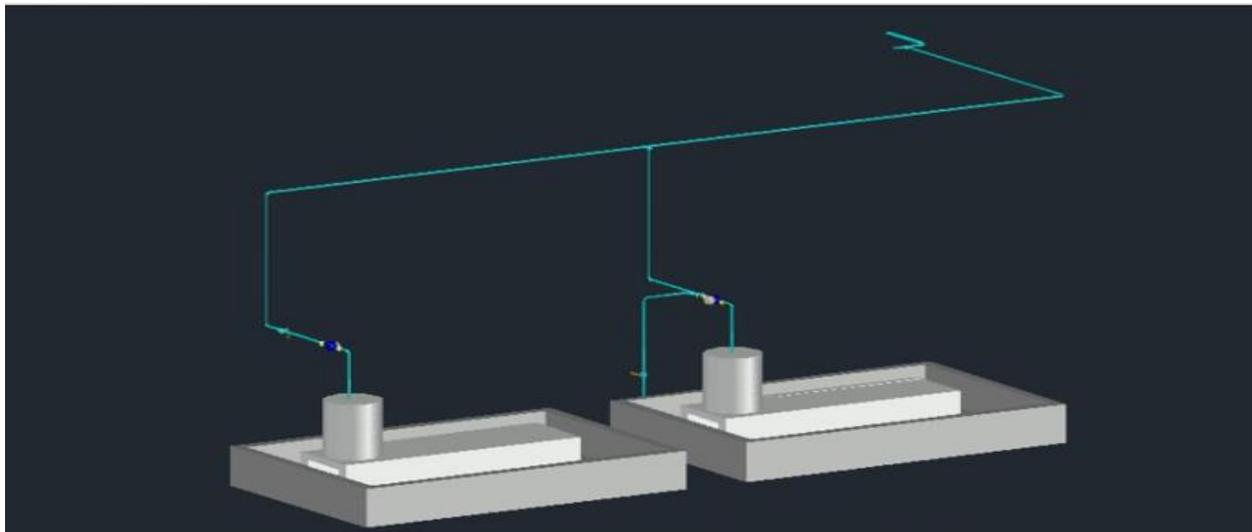
Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó información bibliográfica para la elaboración de diseños para la prefabricación en acero inoxidable de 1, como realizar empalmes con soldadura de argón en campo, como realizar la limpieza manual mecánica y pintura de la tubería, todo lo referente a prefabricación de soportes de tubería entre otras propiedades.

Por consiguiente para poder realizar estas actividades deben estar enmarcadas dentro de los parámetros de seguridad exigidos por la empresa a la vez que se aplica toda la normatividad técnica requerida por la actividad para garantizar la seguridad de los diseños de esta clase de

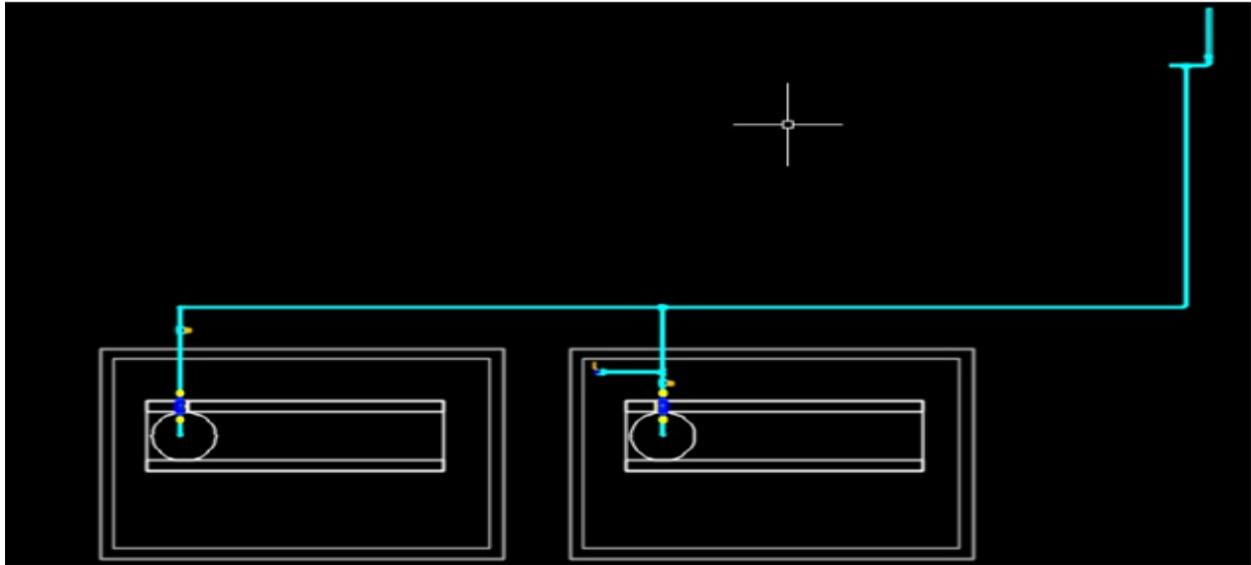
tuberías para una futuro montaje de la misma en la empresa Termocandelaria, siguiendo los controles de calidad tanto para la empresa y la integridad de los colaboradores y de las personas a las que les va ser llevado el servicio.

Para el diseño se utilizó la herramienta SolidWorks que permite el modelado mecánico en 2D y 3D, de la tubería, a continuación, se presenta el diseño a convenir para la empresa Termocandelaria donde se observa la vista lateral, la vista superior

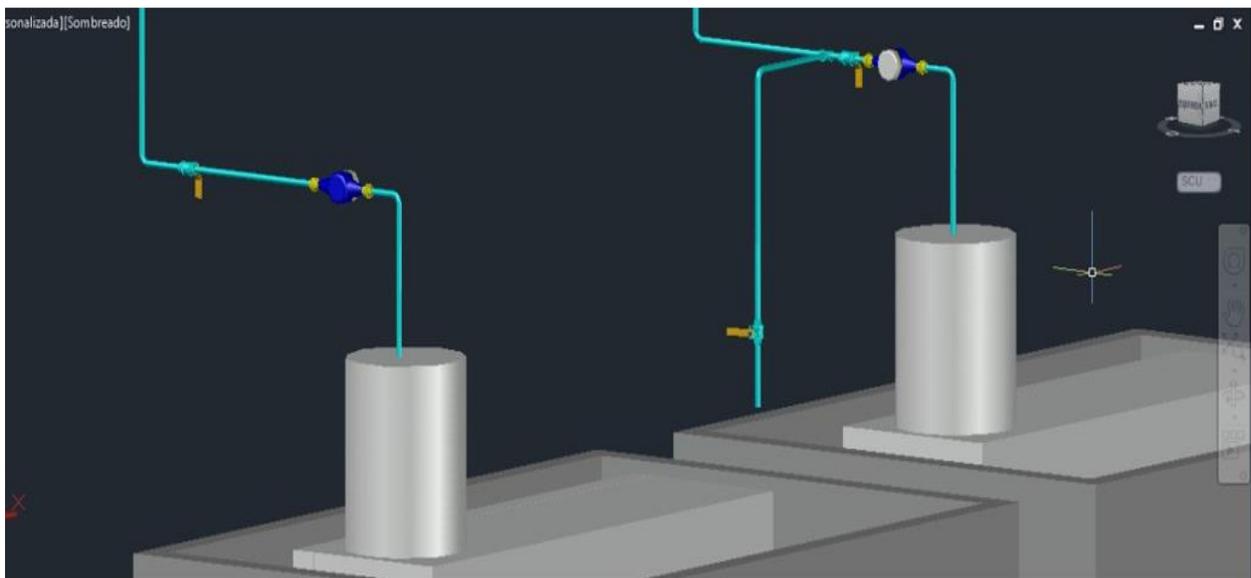
**Figura 4** *Vista lateral*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5***Vista superior*

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6** *Vista lateral*

Fuente: Elaboración propia.

Para que la empresa Termocandelaria pueda implementar el diseño planteado deben ejecutar las siguientes actividades:

Corte de tubería de acuerdo al diseño

Instalación de medidores.

Instalación de válvulas

Prefabricación e instalación de soportes

Limpieza manual mecánica para la tubería y soportes y aplicación de pintura.

Orden y aseo.

Para la ejecución de la misma debe utilizar los siguientes equipos, herramientas y una serie de materiales listados a continuación:

los trabajos necesarios la utilización de los siguientes equipos, Herramientas y materiales.

### **Equipos y herramientas**

Herramientas menores.

Lijadora eléctrica manual.

Pulidora 4" y 7"

Arnés y eslingas.

Equipo de argón

Cuerpos de Andamios.

### **Materiales**

Tubería en acero inoxidable 304L/SCH40 de 1" x 6m

Codo en acero inoxidable 304L 1" SW x 3000lbs

Válvula de Bola en acero inoxidable de 1" x 1000L NPT T 304

Tee en acero inoxidable 304L de 1" SW x 3000 Lbs

Angulo de 1" ¼ x 6m AC

Rodillos de 3".

Brochas de 1" ½

Pintura hempel.

Thinner.

Lijas número 80, 120, 240.

Para que la empresa Termocandelaria pueda implementar el diseño planteado debe seguir los siguientes pasos:

#### **Armado de Andamios y Ubicación de soportes para Tubería.**

Se debe realizar el armado de los andamios certificados según las normas de seguridad y calidad, lo debe realizar personal competente para la instalación de Tubería y soportes.

A continuación, se observa la manera adecuada de realizar dicha actividad:

**Figura 7**

*Armado de andamios para ubicar tubería y soportes.*



Fuente: Elaboración propia.

**Prefabricación e instalación de soportes.**

El siguiente paso es realizar la instalación de soportes de tubería sujetos con tornillos expansivos estos a su vez que lleven unas abrazaderas que permitan que la tubería permanezca

en una misma posición, realizando la respectiva limpieza manual mecánica con lijadora y aplicación de pintura en la misma.

En la siguiente figura se muestra la manera de realizar esta actividad:

### **Figura 8**

*Prefabricado e instalación de soportes.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Prefabricación de tubería, accesorios y Aplicación de Pintura.**

Para esta actividad la empresa Termocandelaria debe realizar la instalación de los accesorios válvulas, codos, niples, coupling, posicionando los medidores de acuerdo al diseño establecido por el cliente. Adicionalmente si quedan imperfecciones se recomienda utilizar lijas número 80, 120, 240 para mejorar la rugosidad de la superficie y así poder aplicar la pintura anticorrosiva y por último aplicar la pintura de acabado.

A continuación, se muestran en las figuras la manera adecuada de realizar esta actividad:

#### **Figura 9**

*Prefabricación de tubería, accesorios y Aplicación de Pintura.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10**

*Prefabricación de tubería, accesorios y Aplicación de Pintura.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Instalación de Tubería y Medidores.**

La empresa Termocandelaria debe realizar el montaje de la tubería y posicionamiento de los medidores de acuerdo al requerimiento del diseño planteado. A continuación, en las figuras se muestra la manera correcta de realizarlo.

**Figura 11**

*Instalación de medidores.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12**

*Instalación de tubería.*



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, este objetivo se realizó con el fin de que la empresa Termocandelaria tenga un paso a paso de cómo realizar el montaje de la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada que se ajusten a los requerimientos y calidad de la empresa según el diseño elaborado por los autores de esta investigación, para que la empresa logre con eficacia todo lo propuesto en dicho diseño, obteniendo resultados positivos para la terminación del mismo.

Por consiguiente, se da cumplimiento a cabalidad de los objetivos planteados para esta investigación logrando con aceptación del diseño planteado para el modelo de gestión para la red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa Termocandelaria de la ciudad de Cartagena.

## Discusión

### Cierre de los objetivos

Los resultados obtenidos para esta investigación fueron los siguientes:

Según el indicador de efectividad, se realizó con eficacia todo lo propuesto al momento de realizar el trabajo, y se obtuvieron resultados positivos para terminar la ejecución para la Implementación de un modelo de gestión para diseñar una red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa Termocandelaria en la ciudad de Cartagena.

En cuanto al indicador de Cumplimiento, Se cumple a cabalidad todo el cronograma de actividades que se implementó al comienzo de la propuesta para el proyecto.

Seguido con el indicador de Tiempo de cumplimiento de plazos de entrega, El proyecto se entregó en forma correcta y se probó todos sus elementos quedando el diseño aprobado por la empresa Termocandelaria para proceder a realizar dicho montaje por parte de sus operarios para el funcionamiento de la red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante.

Para los Indicadores del tipo retrospectivos Se tomo toda la información del proyecto para saber entenderlo desde el inicio hasta su terminación, para lograr obtener el costo asumido por la compañía.

Por último se logra el indicador de tipo predictivo, Aparir de toda la información recolectada mediante la observación directa y la aplicación de la encuesta se cumplió con éxito la implementación del sistema, generando el Coste estimado a la finalización y Estimación de la

fecha final de entrega del diseño la red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa Termocandelaria.

Se logro con éxito la culminación del proyecto de investigación para optar el título de ingenieros industriales, Implementando un modelo de gestión para diseñar una red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante en la empresa Termocandelaria.

Como se conoció anteriormente la empresa Termocandelaria es una empresa privada ubicada en la zona industrial de Mamonal, Cartagena. Cuenta con dos unidades Westinghouse 501F de 157 MW de generación de energía, que se vende al Mercado de Energía Mayorista. Estas unidades pueden operar con gas natural o Fuel Oil #2. Su ubicación estratégica le asegura un suministro continuo tanto de gas natural como de combustible líquido ya que cuenta con acceso directo a la Troncal de Gas de la Costa, al Puerto de Cartagena y a la Refinería de ECOPETROL. Entró en operación comercial en el año 2000 y es requerida usualmente por el sistema para atender generación por seguridad y por mérito en condiciones de hidrología crítica.

Al año en curso la empresa generadora de energía eléctrica, Termocandelaria ofrece a Colombia y a la Región Caribe alta confiabilidad, disponibilidad, flexibilidad y adaptación permanente a sus necesidades, con excelente servicio y calidad de producto, creando valor para grupos de interés que hacen parte de esta compañía, logrando con una producción limpia y sostenible, alta tecnología, personal competente y procesos eficientes que cumplen estándares internacionales.

Con la presente investigación se logró Diseñar el modelo de gestión de la red de suministros de agua desmineralizada mejorando la eficiencia del proceso de preparación de anti-Escalante, en la zona dosificación, de la compañía Termocandelaria de la ciudad de Cartagena.

Dando cumplimiento a la pregunta de investigación ¿Cuál sería el diseño adecuado de una red de suministro de agua desmineralizada para la preparación de químico de anti-Escalante en la empresa Termocandelaria en Cartagena?

Logrando cumplir a cada uno de los objetivos planteados para esta investigación, definiendo el modelo de gestión que permita optimizar en el diseño en la red tubería de suministro de agua desmineralizada en planta de agua, luego identificando las debilidades y problemáticas en la preparación de químicos en la zona dosificación en planta de agua y culminar con el diseño y futuro montaje de la tubería en acero inoxidable de 1" para alimentación de agua a tanques "ea 1a" y "ea 1b" de redes de suministro de agua desmineralizada ajustándose a los requerimientos y calidad de la empresa Termocandelaria.

Para lograr la problemática planteada se observó que Termocandelaria cuenta con dos plantas que pueden funcionar con gas natural y/o combustibles líquidos. En su elaboración artesanal, el agua desmineralizada es elaborada con tecnología de última generación que abastece de agua a dos turbinas de gas de generación eléctrica, en el cual se les suministran 460 galones por minuto de agua desmineralizada, actualmente existen algunos defectos que provocan mal funcionamiento, por lo que debido a la pérdida de tiempo y trabajos preparatorios Indicadores de medición incorrectos que repercutirá en la producción de los requerimientos químicos el proceso tiene una mejor preparación química, evita fallas en la preparación y hace que el proceso sea más automatizado y preciso.

En cuanto a la red de suministro de agua desmineralizada en la preparación de químico de anti-escalante, la preparación de los dosificadores químicos que ayudan a prevenir este problema se realiza de forma manual, así como el traslado del agua desmineralizada al área de dosificación donde debe pasar por el proceso de ósmosis inversa, lo que requiere tiempo y esfuerzo físico. desgaste del operador, tiempo disponible para otras operaciones en el proceso y pérdida de agua durante el transporte, que afectan la cantidad de líquido a diluir debido a su imprecisión. Logrando tanto beneficio para la empresa, la población que adquiere sus servicios y los operarios que la manejan por medio de los indicadores como lo son la efectividad, Cumplimiento. El tiempo, los indicadores de tipo retrospectivos y predictivos

Dicha investigación sirvió de aporte para la empresa Termocandelaria S.C.A E.S.P. considerada una de las planta más modernas y eficientes de Colombia, en cuanto a la generación energía, aportando al desarrollo económico y social del país.

### **Análisis estadístico**

El agua usada para consumo de las turbinas de generación eléctrica puede llegar a contaminarse a niveles altos, es por esto que el tratamiento de estas aguas ha llegado a ser un componente principal dependiendo del tipo de agua a tratar, uno de los principales sistemas usados para el tratamiento del agua es la osmosis inversa (RO), que es el proceso de purificación de agua mediante la eliminación de partículas suspendidas. La tecnología de ósmosis inversa es un proceso físico-químico que replica la naturaleza para eliminar las impurezas del agua haciéndola pasar a través de una membrana semipermeable.

Esta purificación de H<sub>2</sub>O elimina iones, moléculas y partículas más grandes. A diferencia de los procesos químicos (UV, jabón, ozono, etc.), la ósmosis inversa captura partículas

haciéndolas pasar a través de una serie de rejillas o membranas concéntricas de varios tamaños. No debe confundirse con el filtrado puramente físico. El agua a tratar se alimenta a alta presión a través de varias tuberías, y parte del agua alimentada se escapa a través de las membranas. Los elementos más pesados quedan atrapados en él. El procedimiento se basa en la idea de vencer la presión osmótica. Sin embargo, cualquier sistema que incluya dos fluidos y una membrana semipermeable (desde nuestras venas hasta la savia de un árbol) tiende a fluir de tal manera que el fluido recoge las partículas de soluto. Es decir, se centra en las partículas a lo largo del tiempo. La ósmosis inversa invierte este proceso añadiendo presión al final de la solución concentrada y eliminando las partículas disueltas. Si el proceso es interesante es porque el agua sucia puede circular a alta presión en un circuito cerrado formado por tubos de membrana. El líquido pasará a través del sistema y con cada ciclo el agua limpia pasará a través de la membrana y se separará de las partículas atrapadas.

Por consiguiente, se deben realizar análisis puntuales de algunos parámetros para verificar que el proceso esté trabajando adecuadamente. Entre estos análisis se incluye el de tiempo, presión de flujo de producción, costo por mantenimiento y número de horas de fuera de servicio, para verificar que el proceso si esté actuando adecuadamente.

La presión de flujo representa la tasa de flujo que el sistema produce agua y la tasa que el tanque de almacenamiento de ósmosis inversa estaría llenando si la válvula del tanque de almacenamiento estuviera en la posición "abierta".

A continuación, se muestra en la tabla 2 y la tabla 3 un análisis de dichos parámetros aplicados para los años 2020 y 2021.

**Tabla 2***Mantenimiento procesos de osmosis inversa año 2020 -2021*

<b>Tiempo</b>	<b>Presión de flujo de producción de la osmosis inversa 1 (GPM)</b>	<b>Costo por mantenimiento</b>	<b>Número de horas de fuera de servicio</b>
ene-20	210	\$ 0	0
feb-20	196	\$ 0	0
mar-20	194	\$ 0	0
abr-20	184	\$ 0	0
may-20	163	\$ 0	0
jun-20	150	\$ 0	0
jul-20	0	\$ 25.000.000	22
ago-20	211	\$ 0	0
sep-20	208	\$ 0	0
oct-20	186	\$ 0	0
nov-20	173	\$ 0	0
dic-20	150	\$ 0	0
ene-21	0	\$ 18.000.000	16
feb-21	210	\$ 0	0
mar-21	190	\$ 0	0
abr-21	177	\$ 0	0
may-21	176	\$ 0	0
jun-21	173	\$ 0	0
jul-21	171	\$ 0	0
ago-21	169	\$ 0	0
sep-21	161	\$ 0	0
oct-21	152	\$ 0	0
nov-21	0	\$ 22.000.000	18
dic-21	210	\$ 0	0

Nota. Esta tabla muestra el mantenimiento de los procesos de osmosis inversa año 2020 -2021

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3***Mantenimiento procesos de osmosis inversa año 2021-2022*

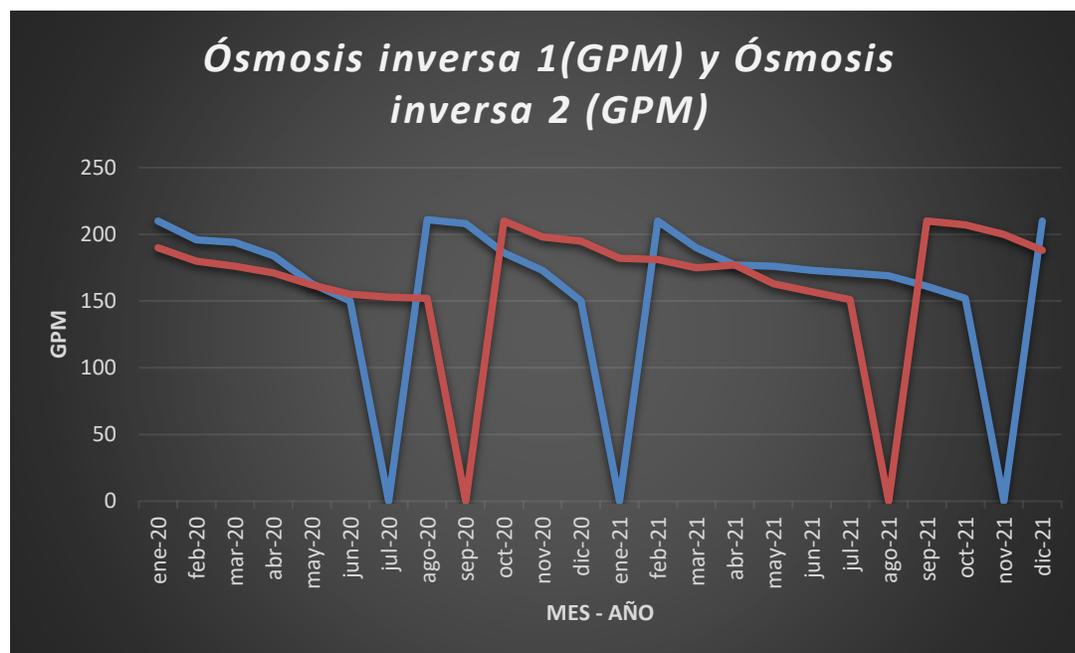
<b>Tiempo</b>	<b>Presión de flujo de producción de la osmosis inversa 2 (GPM)</b>	<b>Costo por mantenimiento</b>	<b>Número de horas de fuera de servicio</b>
ene-21	190	\$ 0	0
feb-21	180	\$ 0	0
mar-21	176	\$ 0	0
abr-21	171	\$ 0	0
may-21	162	\$ 0	0
jun-21	155	\$ 0	0
jul-21	153	\$ 0	0
ago-21	152	\$ 0	0
sep-21	0	\$ 21.000.000	23
oct-21	210	\$ 0	0
nov-21	198	\$ 0	0
dic-21	195	\$ 0	0
ene-22	182	\$ 0	0
feb-22	181	\$ 0	0
mar-22	175	\$ 0	0
abr-22	177	\$ 0	0
may-22	163	\$ 0	0
jun-22	157	\$ 0	0
jul-22	151	\$ 0	0
ago-22	0	\$ 16.000.000	17
sep-22	210	\$ 0	0
oct-22	207	\$ 0	0
nov-22	200	\$ 0	0
dic-22	188	\$ 0	0

Nota. Esta tabla muestra el mantenimiento de los procesos de osmosis inversa año 2021-2022.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13**

*Presión de flujo de producción de Ósmosis inversa 1 (GPM) y Ósmosis inversa 2 (GPM)*



Fuente: Elaboración propia.

Según en la figura anterior se observa que entre el año 2020 y 2022 la presión de flujo de producción de RO1 y RO2 (GPM) , para el año 2020 en el mes de julio tubo una presión de flujo de producción de RO1 de cero (0), para el año 2021 en los meses de enero y noviembre de cero (0).

La Presión de flujo de producción de RO2 para septiembre de 2021 y agosto de 2022 también fue de cero (0).

Esto quiere decir que, cuando el solvente está fluyendo de la solución más diluida a la solución más concentrada, con el objetivo de igualar las concentraciones, se ejerce una ligera

presión en la solución de mayor concentración, el flujo a través de la membrana disminuye. Si se aumenta paulatinamente la presión ejercida, se llega a un punto en el que el flujo a través de la membrana es cero, es decir, el solvente deja de atravesar la membrana. La presión que se está ejerciendo en ese momento es igual a la presión osmótica.

### Figura 14

*Costo por mantenimiento año 2020 - 2021*



Fuente: Elaboración propia.

Según la figura anterior muestra el costo por mantenimiento donde para el mes de julio de 2020 tuvo el valor mayor por \$ 25.000.000, para el mes de enero del 2021 un valor de \$ 18.000.000, para el mes de noviembre de 2021 un valor de \$ 22.000.000 para RO1.

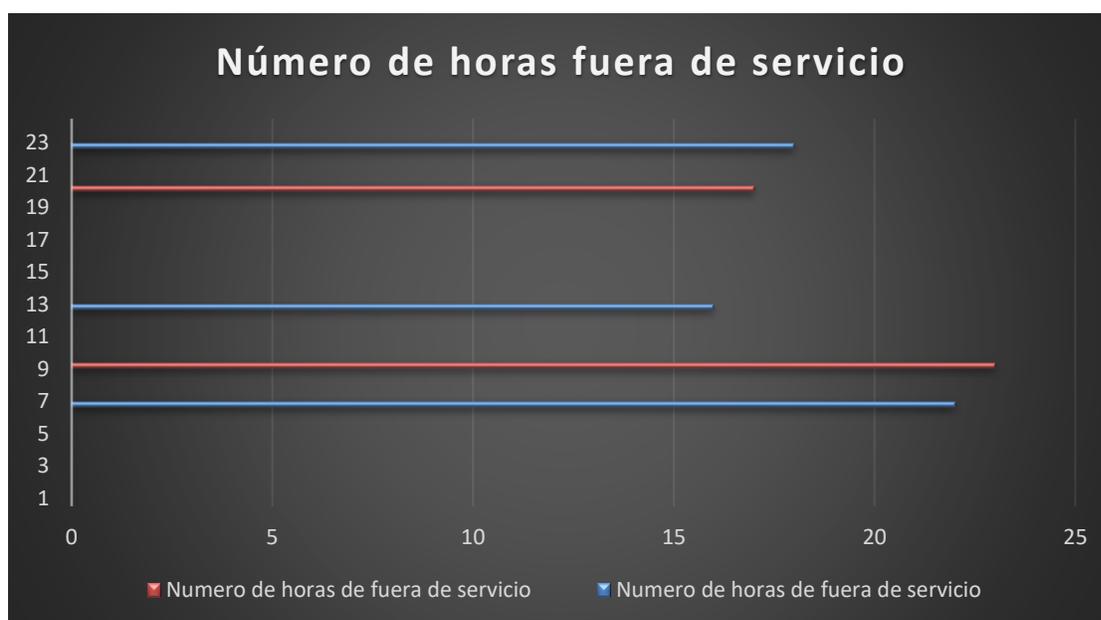
Y para RO2 para el mes de septiembre de 2021 un valor de \$ 21.000.000 y para agosto de 2022 un valor de \$ 16.000.000.

Estos valores se deben a varios factores que varían en su rango como lo son: Calidad del agua de la fuente, calidad del agua demandada, capacidad de la planta, condiciones del sitio de instalación, costos de energía, proceso de salinización y el principal en este proceso la operación y el mantenimiento de los reactivos, filtros, membranas, mano de obra.

Se concluye que, a mayor eficiencia, menores costos de operación y mantenimiento.

### Figura 15

*Número de horas fuera de servicio año 2020 - 2021*



Fuente: Elaboración propia.

Según la figura anterior muestra el número de horas fuera de servicio para el proceso de osmosis RO1 (GPM) y RO2 (GPM), para julio de 2020 fue un total de 22 horas, para enero del 2021 un total de 16 horas, para noviembre del 2021 un total de 18 horas, para septiembre de 2021 un total de 23 horas y para agosto de 2022 un total de 17 horas; dicho control de sedimentos

debió escogerse con el fin de asegurar una tasa de densidad de limo menor que tres. Si no se consideraba, los valores mayores que 3 pueden taponar las membranas de ósmosis inversa antes de tiempo. Lo cual se bloqueó el sistema cuando los filtros son lavados a contracorriente para evitar los sedimentos o los valores altos de densidad de limo en el líquido de alimentación.

## Conclusiones

A través de la logística y seguimiento en planificación es prevenir riesgos laborales y en aras de lograr los objetivos y metas empresariales a nivel de seguridad y productividad, posterior a un seguimiento y análisis de resultados pudimos llegar a la conclusión que logísticamente por operatividad y resultados el componente de la preparación de los químicos de la empresa Termocandelaria S.C.A. E.S.P se mejoró con eficacia la operación y costos la intervención del montaje e implementación una nueva línea de tubería de agua desmineralizada para suministro de los tanque anti-escalante.

Por lo cual, al utilizar este nuevo sistema que se implementó, podemos determinar este como un complemento que permitirá disminuir accidentes laborales, y aumenta los procesos al momento de preparar los químicos en la zona de planta agua.

Con todo esto se logró un impacto positivo en todos los procesos de la empresa, y notoriamente la eficiencia en el sistema, así como el cuidado de los componentes necesarios para una producción eficiente.

Se realizó de manera satisfactoria la instalación de tubería de acero inoxidable DE 1” para tanque EA 1A Y EA 1B.

Según el análisis por parámetros químicos y comparación con los valores límite máximos permisibles fijados en las normas: D.S. No. 002-2008-MINAM y D.S. No. 023-2009-MINAM, Normas ambientales de calidad del agua, de la calidad de agua A1 (agua superficial e In) sobre la calidad del agua requerida para la desinfección del agua potable), los resultados obtenidos muestran que los resultados obtenidos no superan los valores límite máximos permisibles.

La simulación de ósmosis inversa utilizada nos permitió seleccionar membranas según las características del agua cruda y realizar análisis químicos de la misma.

Se concluye que la presión de flujo de producción de la osmosis inversa puede perder la presión del agua temporalmente. Ya que un sistema de ósmosis inversa necesita al menos 40 psi para funcionar correctamente, siendo 60 psi lo mejor. Si parece que hay baja presión de agua, se puede reducir temporalmente dicha presión ya que se reanuda normalmente a una presión más alta de agua en un tiempo determinado ya que un filtro obstruido o una membrana sucia que simplemente necesita ser reemplazada pueden reducir el caudal, entonces tener una presión de flujo en cero quiere decir que el solvente deja de atravesar la membrana y está cumpliendo la presión osmótica.

En cuanto al costo por mantenimiento se concluye que relativamente es económico ya que este proceso en primer lugar presuriza el costo de la energía eléctrica y lo principal que es bombear el agua que se quiere tratar a cierta presión para que atraviese la membrana para obtener agua pura y acta para la generación eléctrica y sus turbinas.

En cuanto a las horas fuera de servicio del sistema de osmosis inversa es de vital importancia realizar este proceso ya que bloqueando dicho sistema los filtros son lavados a contracorriente para evitar los sedimentos o los valores altos de densidad de limo en el líquido para las turbinas de gas ya que este proceso es capaz de eliminar hasta el 99 % de las sales disueltas (iones), partículas, coloides, materia orgánica, bacterias y pirógenos del agua suministrada al sistema.

## Recomendaciones

Como recomendación con relación a la intervención y logística debido a los comprometido a nivel de operación y costos, todos los actos inseguros que se venían generando en la preparación de químicos, inclinamos hacia el montaje y puesta en operación el diseño implantación de una tubería que va a llegar de agua desmineralizada para poder hacer los procedimientos con mayor tranquilidad.

Debido a su eficiencia el trabajador va a poseer un lugar de trabajo más seguro en el cual le va a rendir más su tiempo dentro del procedimiento a que como se venía realizando.

Se consideró un requerimiento de agua de permeado de 6 m<sup>3</sup>/día o 1,1 gal/min. Al utilizar la tecnología de ósmosis inversa para estandarizar variables y estudiar su comportamiento, se diferencian solo de acuerdo a los requerimientos de calidad de agua de la aplicación, no de acuerdo a sus requerimientos reales de caudal por capacidad instalada.

El agua obtenida como resultado de la cloración se convertirá en agua requerida las turbinas de gas de Termocandelaria.

Este dispositivo está sujeto a un estudio general de operación y mantenimiento, es decir, tiene una aplicación general en fuentes de agua cruda como se definió anteriormente.

Para estudios posteriores utilizar la demanda exacta de agua según la aplicación de la planta y la capacidad instalada, ya que si bien en este trabajo se estandarizó el caudal (5 gpm), también sería interesante considerar diferentes requerimientos de agua según las distintas aplicaciones. El equipo se puede ampliar añadiendo un módulo compuesto por un desionizador con columnas de resinas catiónicas y aniónicas para la obtención de agua destilada.

## Referencias Bibliográficas

Abott, M. y McKinney, J. (2013). UNDERSTANDING AND APPLYING RESEARCH DESIGN. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

American Water Chemicals. (s.f.). <https://www.membranechemicals.com/>. Obtenido de <https://www.membranechemicals.com/>:

<https://www.membranechemicals.com/es/faqs/filtration-system-will-remove-soluble-iron-manganese-salt-bore-water-spa-2/>

Andrés Ocaña, J. (2013). Gestión de proyectos con mapas mentales. Vol. I. ECU. Recuperado de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/42789>

Bataller, A. (2016). La gestión de proyectos. Editorial UOC. Recuperado de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/57720?page=1>

Carbotecnia, (2023). Limpieza de las membranas de ósmosis inversa.

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/proceso-de-limpieza-de-membranas-de-osmosis-inversa/>

Carbotecnia. (2020). Agua desmineralizada. Obtenido de

<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/que-es-el-agua-desmineralizada/#:~:text=Consiste%20en%20pasar%20el%20agua,en%20el%20flujo%20de%20rechazo.>

Chavez, J. H. (2012). Supply Chain Management (2a. ed.). RIL editores. Recuperado de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/68279?page=1>

Chemtreat. (s.f.). <https://es.chemtreat.com/>. Obtenido de

<https://es.chemtreat.com/:https://es.chemtreat.com/pretreatment-industrial-reverse-osmosis/?gclid=Cj0KCQjw5-WRBhCKARIsAAId9FkEWku->

- mVVg0zEYTRgpIYPvqW2lQ5J7svYEjD\_ZvzBnVK6 32JI\_IaAuJvEALw\_wcB
- Christensen, L., Burke, R. y Turner, L. (2015). *Research Methods, Design, and Analysis*.  
England: Pearson Education limited.
- Cienytec (s.f.) Libro de la purificación del agua. [www.cienytec.com](http://www.cienytec.com)
- Fundamento teórico de calderas y tratamiento de aguas. Centro de documentación e  
información técnico-económica. Ministerio de la Industria Básica 1995.  
<http://comoservirconexcelencia.com/blog/construyendo-unadefinicion-de-calidad-en-el-servicio/.html>
- Ingfocol, (2014). *Hydroenergía*. [https://www1.upme.gov.co/Energia\\_electrica/Atlas/Atlas\\_p25-36.pdf](https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf)
- J, A. (2002). *Introducción a la Ingeniería Ambiental*. México D.F: Alfaomega.
- Lenntech, (2023). *Agua desionizada/desmineralizada*.  
<https://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/desmineralizada/agua-desionizada-desmineralizada.htm>
- Mitchell, M. y Jolley, J. (2013). *Research Design Explained*. Australia: Wadsworth,  
CengageLearning.
- NORDELL, Esquel. *Tratamiento de agua para la industria y otros usos*. Edición  
Revolucionaria 6ta. Impresión, 1984.
- Normas Ramales de tratamiento químico del agua de la Unión Eléctrica Nacional.
- Pizzo, M. (2013). *Construyendo una definición de Calidad en el Servicio*.
- Pro-optim, (2020). *Modelos de gestión organizacional: ¿Cuál es el más adecuado para tu empresa?* <https://pro-optim.com/consultoria-organizacional/modelos-de-gestion-organizacional-cual-es-el-mas-adecuado-para-tu-empresa/>

Pureaqua, (s.f). Anti-Escalante. <https://es.pureaqua.com/pa0100-antiescalante/>

RODRÍGUEZ, J. R. Tratamiento de agua para las instalaciones energéticas nucleares. Impreso en Combinado Poligráfico Osvaldo Sánchez. J R Rodríguez Beltrán. Octubre de 1986.

Ruiz Larraguivel, E. (2004). Ingenieros en la industria manufacturera: formación, profesión y actividad laboral. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. Recuperado de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/75653?page=1>

Suezwatertechnologies. (18 de 07 de 2021). <https://www.suezwatertechnologies.mx/>. Obtenido de <https://www.suezwatertechnologies.mx/>

## Apéndices

### Apéndice 1

#### *Evidencias fotográficas*



