



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Evaluación de técnicas de tratamiento de desalinización de
agua en la obtención de agua potable”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Rosas Llapo, Karen Lorena (ORCID: 0000-0002-5364-4824)

Santiago Torres, Katherin Jhasmin (ORCID: 0000-0002-1646-8359)

ASESOR:

Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir una de mis metas.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, ya que mucho de mis de mis logros se lo debo a ustedes.

Karen

Principalmente a Dios, por permitirme, haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres por su apoyo incondicional por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

A mis hermanos por su apoyo moral, consejos y aliento, que hicieron que logre cumplir con esta etapa tan importante de mi vida.

Katherin

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, familia y amigos por su apoyo incondicional.

A nuestro asesor el Ing. José Alfredo Cruz Monzón Por sus orientaciones, recomendaciones y sobre todo paciencia y comprensión para realizar la culminación de nuestra tesis.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Categoría, sub categoría y matriz de categorización.....	12
3.3. Escenario de estudio	12
3.4. Participantes.....	12
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.6. Procedimiento	14
3.7. Rigor científico.....	15
3.8. Método de análisis de datos.....	15
3.9. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
V. CONCLUSIONES.....	30
VI. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS	40

Índice de tablas

Tabla 1: Salinidad de diferentes tipos de agua	8
Tabla 2: Técnicas de tratamientos de desalinización.....	8
Tabla 3: criterio de inclusión.....	12
Tabla 4: Términos de búsqueda de la información	13
Tabla 5: Parámetros de destilación flash multietapa.....	17
Tabla 6: Parámetros de destilación multiefecto.....	18
Tabla 7: Parámetros de destilación por compresión de vapor.	19
Tabla 8: Parámetros de destilación solar.....	20
Tabla 9: Parámetros de congelamiento.	21
Tabla 10: Parámetros de formación por hidratos.	22
Tabla 11: parámetros de osmosis inversa.	23
Tabla 12: Parámetro de electrodiálisis.	24
Tabla 13: Eficiencia del proceso de evaporación.....	25
Tabla 14: Eficiencia del proceso de cristalización.....	26
Tabla 15: Eficiencia de las técnicas de osmosis inversa y electrodiálisis	27

Índice de figuras

Figura 1: Flujograma del procedimiento.....	14
Figura 2: Fuentes de agua para la desalinización	28

RESUMEN

El cambio climático, progresivamente ha ido afectando las principales fuentes de recursos hídricos de agua dulce, provocando su escasez y contaminación lo que se ha traducido en el problema mundial más generalizado; afectando a la población debido a la falta de agua dulce para su potabilización y por consiguiente la falta de agua para consumo humano, ante la problemática surge la necesidad de conocer las técnicas de desalinización del agua. Es por ello que, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable, que han sido reportadas en la literatura científica en las distintas bases de datos indexadas. para lo cual se realizó una búsqueda en las bases de datos Sciencedirect, Scopus, Scielo, ProQuest, utilizando palabras clave y criterios de inclusión previamente establecidos. La investigación desarrollada fue básica, descriptiva, con enfoque cualitativo; de tipo documental y longitudinal. Los resultados indican que los parámetros de las operaciones más relevantes, en la desalinización del agua son la presión, pH, temperatura, salinidad, los procesos más utilizados son los de evaporación, membrana y cristalización. Se concluye que la técnica de desalinización por evaporación flash multietapa es la más eficiente cuyos valores de eficiencia de remoción de sales en el agua alcanzan valores entre 95 y 100 %, teniendo mayor aplicación en la desalación de agua de mar.

Palabras clave: Técnicas, tratamiento, desalinización, agua

ABSTRACT

Climate change has progressively affected the main sources of freshwater water resources, causing their scarcity and contamination, which has resulted in the most widespread global problem; affecting the population due to the lack of fresh water for drinking water and consequently the lack of water for human consumption, the problem arises the need to know the techniques of water desalination. That is why the present research aimed to evaluate the efficiency of water desalination treatment techniques in obtaining drinking water, which have been reported in the scientific literature in the different indexed databases. performed a search in the Sciencedirect, Scopus, Scielo, ProQuest databases, using keywords and previously established inclusion criteria. The research carried out was basic, descriptive, with a qualitative approach; documentary and longitudinal. The results indicate that the parameters of the most relevant operations in water desalination are pressure, pH, temperature, salinity, the most used processes are evaporation, membrane and crystallization. It is concluded that the multi-stage flash evaporation desalination technique is the most efficient, whose efficiency values for the removal of salts in the water reach values between 95 and 100%, having a greater application in the desalination of seawater.

Keywords: Techniques, treatment, desalination, water

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha venido atacando la vulnerabilidad de las principales fuentes de recursos hídricos potables ocasionando su escasez y contaminación. Existen, además, muchas causas de incertidumbre al evaluar los riesgos futuros en los suministros de agua potable, en especial, la escasez de los recursos hídricos resultantes de los bajos niveles en el abastecimiento de agua potabilizada, el cual amenaza el recurso que satisface las exigencias de la gente, además de provocar una posible escasez de suministro, asimismo, los caudales de los ríos críticos aumentan la vulnerabilidad del suministro de agua potable (Leveque, et al., 2020, p.1).

La afectación de los recursos hídricos tienen varias causas, como por ejemplo: campos de regadío, el crecimiento de la población y su concentración en las grandes ciudades, la deforestación de los bosques, deterioro de bosques, los efectos negativos de la sobreexplotación de acuíferos, el creciente deterioro por la creciente contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, sequías, crecientes desertizaciones, provocan efectos negativos en la agricultura, la industria, turismo, medio ambiente (Oppliger, 2019, p. 2).

Cabe mencionar que las Naciones Unidas afirman que cubrir las necesidades de agua es un derecho de las personas. Esto promueve el acceso a agua para consumo de una calidad segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico (Naciones Unidas, 2010). A pesar que, aproximadamente 3 de cada 10 personas en el mundo, es decir, 2,1 mil millones de personas, no cuentan con acceso a agua potable (Organización Mundial de la Salud, 2017). Los principales problemas de acceso a este recurso se presentan en los países en vías de desarrollo. Sin embargo, los problemas de acceso al agua también pueden ocurrir en los países desarrollados (López, Tortajada y Gonzales, 2020, p.2)

En el Perú, el recurso hídrico agua es renovable, de tipo natural y con características de vulnerabilidad, importante para la vida de las personas, este recurso posee un carácter fundamental para que las personas realicen sus actividades, también posee un carácter estratégico para el desarrollo de manera sostenible, así como para el constante mantenimiento de los diferentes sistemas

y ciclos naturales que la sustentan y la seguridad de la nación. El agua es considerada patrimonio del país y su dominio es inalienable e imprescriptible. Cabe recalcar que no se puede permitir propiedad privada sobre el recurso agua, así que sólo se otorga en uso a personas naturales o jurídicas (Ley de Recursos Hídricos, 2010, p. 2).

En cuanto al Perú, tanto el servicio de alcantarillado y agua potable significan un problema notorio; según al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) desde febrero del 2017 a enero del 2018, el 10,6% del número total de personas del país, no contaba con permiso a agua distribuida por red pública, utilizando otras formas de abastecimiento de este recurso como, por ejemplo: camión cisterna (1,2%), pozo (2,0%), río, acequia y manantial (4,0%) y otros (3,3%). Por otra parte, el 28,1% de la gente que vive en el área del tipo rural no cuentan con abastecimiento de agua a través de red pública, de los cuales el mayor porcentaje de estas personas (16,9%) se abastecen a través de agua de río, acequia o manantial, seguido de agua de pozo (5,1%) (Gastaña, 2018, p.1).

De acuerdo a la problemática expuesta esta investigación tiene como problema general: ¿Cuál es la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable que han sido reportadas en la literatura científica de las distintas bases de datos indexadas? Y como problemas específicos: ¿Cuáles son los parámetros de operación más relevantes que intervienen en las técnicas de tratamiento de desalinización en la obtención de agua potable?, ¿cuál es la eficiencia de la remoción de sal en el agua según el proceso de desalinización convencional aplicado? Y ¿Cuáles son las fuentes de aguas salinas que han sido de mayor empleo en las técnicas de tratamiento de desalinización en la potabilización del agua?

La importancia del presente trabajo radica básicamente en conocer las técnicas alternativas para tratamientos convencionales de desalinización de los recursos hídricos con características salobres y salinas, obteniendo en consecuencia agua del tipo potable, contribuyendo así a generar agua dulce para la potabilización, debido a la problemática de escasez de agua que se agrava con el transcurrir del tiempo alrededor del mundo. Asimismo, el presente trabajo aporta la recopilación para sintetizar la información reportada por distintas

plataformas de bases de datos indexados de acceso abierto con el fin de evaluar las técnicas de tratamiento de desalinización para la obtención de agua potable, asimismo se espera que esta investigación pueda ser empleada como guía en futuros trabajos de investigación.

Para obtener los resultados esperados se tuvo como objetivo general: Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable, que han sido reportadas en la literatura científica en las distintas bases de datos indexadas. De igual modo, se definieron como objetivos específicos: Evaluar los parámetros de operación más relevantes que intervienen en las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable. Evaluar la eficiencia de la remoción de sal en el agua según el proceso de desalinización convencional aplicado. Y por último, Evaluar las fuentes de aguas salinas que han sido de mayor empleo en las técnicas de tratamiento de desalinización en la potabilización de agua.

II. MARCO TEÓRICO

Vázquez Rita, (2020), en su trabajo de investigación “Desalinización como una alternativa de abastecimiento de agua”, empleó tecnología de ósmosis inversa, donde se mostró un sistema con bajo consumo energético, con un impacto ambiental considerado como mínimo y con un porcentaje de eficiencia en potabilización de agua de mar del 50%.

Dardón Abdel, (2017), en su trabajo titulado “Diseño de investigación de estudio de la producción de agua apta para consumo”, la técnica de osmosis inversa empleando membrana semipermeable logró quitar entre 92% SDT (sólidos disueltos totales) y el 99% de todas las bacterias; lográndose de esta forma se abastece de agua segura y pura.

Gómez Omar, (2018), en su trabajo de investigación titulado “*Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnologías sustentable*”, se logró inicialmente una cantidad de permeado de 2.33 L/min a 39.1 PSI, teniendo esto una equivalencia a una irradiación solar incidente de 340 W/m² y 24.5 L/min a 77.2 PSI, lo cual tiene una equivalencia de 735.2 W/m². Este método se tiene poca eficiencia para valores de irradiación por debajo de 400 W/m². El porcentaje de remoción de sales minerales oscilan entre un rango de 95-98%, lo cual genera que el producto resultante (permeado) se considere como agua desionizada y no posea las características para consumo humano. La cantidad de agua permeada en 5 horas por día, sería de 600 litros.

Colomina Jordi, (2016), en su trabajo “*Diseño de una planta desalinizadora con sistema de osmosis inversa*”, se logró diseñar una planta desoladora con una técnica de osmosis inversa, obteniendo una producción de desalinización de 20,000 m³ /día de agua de mar.

Ramos, Fredy, (2018), en su trabajo “*Desalinización de agua de pozo para uso agrícola*”, se empleó la técnica de Osmosis inversa para llevar a cabo la desalinización del agua subterránea de pozos para fines netamente agrícolas, estos con requerimientos de 80,000 m³ al año para abastecer 10 hectáreas de siembra. Asimismo, la capacidad de producción de dicho recurso hídrico desalinizado fue de 480 m³/día, esto significa 172,800 m³ anuales.

Wei Ong, Chong y Chen, Cheng-Liang, (2019), En su trabajo de investigación titulado “*Evaluación técnica y económica de la desalación por congelación de agua de mar utilizando gas natural licuado*” se demostró que la técnica de Desalación por congelación utilizando 1 Kg de GNL se obtiene 7,83 kg/s de agua de mar, consumiendo 1,66 kW de energía eléctrica.

Chen, Dong. et al, (2020), en su trabajo de investigación titulado “Estudio experimental sobre desalinización de agua de mar mediante la fabricación dinámica de hielo con agua sobre enfriada” se alcanzó un rendimiento de agua dulce de 60%. Además, el método produjo cristales de hielo con impurezas mínimas, después de que se eliminó la salmuera adherida a la superficie mediante deshidratación centrífuga, se logró un estándar de contenido de sal de 0.05% para el agua potable.

Jiang Longjie, et al, (2020) en su trabajo de investigación titulado “Proceso de destilación por membrana para la desalinización de agua de mar: un enfoque especial en el efecto térmico y el efecto de concentración durante el biofouling” utilizando una membrana hidrofóbica de lámina plana de politetrafluoroetileno (PTFE) con tamaño de poro nominal, porosidad y áreas efectivas de 0,22 μm se obtuvo rendimientos de remoción de sales 75–80%.

Torres Alzate, (25017), publicó el trabajo “Diseño y validación de un desalinizador solar”, para lo cual se valió de 31 parámetros relacionados con la radiación solar, ubicación geográfica del desalinizador y características del material que lo conforman; concluyendo que el dispositivo tiene alta eficiencia en la remoción de sales; mientras que la producción de agua varía según la época del año.

Dueñas Ruíz, (2019), en su trabajo “Destiladores para la desalinización de agua de mar”, hace una revisión bibliográfica sobre las diversas técnicas aplicadas para desalinizar el mar, como son ósmosis inversa, destilación multietapas, electrodiálisis y destiladores solares; concluyendo que la osmosis inversa es la tecnología predominante en el mercado; pero que los destiladores solares son prometedores y se investiga para mejorarlos e incrementar su eficiencia actual de 34.04 %.

La calidad del agua potable continuamente ha sido y es de gran preocupación, la primera intención por determinar la calidad del agua, fue de un ingeniero romano quien determinó sus características con base en la reacción del agua al hervirla, la forma como se cocían las verduras con ella y los efectos estomacales que se producían al beberla, apenas el siglo pasado las cosas no habían avanzado en la calidad del agua y que solo se tenía 6 parámetros organolépticos para medir su calidad, el color, olor, sabor y las sustancia suspendidas en el agua, en la actualidad se tienen en el mundo entre 60 y 100 parámetros de calidad para medir su potabilidad (Lozano y Lozano, 2015, p.15)

El tratamiento del agua potable es una suma de acciones y procedimientos, que se efectúa sobre el agua cruda para cambiar sus propiedades organolépticas fisicoquímicas y microbiológicas con la intención que este en buenas condiciones para el consumo de las personas, según su respectiva normativa (Lozano y Lozano, 2015, p.18).

Los tipos de potabilización y las unidades que se utilizan depende mucho de la calidad en que se encuentra el agua a tratar, ciertamente el agua cruda posee características de calidad como las organolépticas físicas, químicas y microbiológicas y es a partir de la comparación de estas para clasificarlas como apta para consumo humano, las que indicaran la necesidad de su tratamiento, a partir de estas características se procederá a estudiar, evaluar y seleccionar la mejor alternativa para su tratamiento.

El agua potable para que sea llamada así tiene que cumplir con dichas características antes mencionadas de acuerdo a las norma emitidas, de manera que no presente ningún riesgo para la salud de la gente ni cause rechazo por parte del consumidor, empleándose por ende en si como bebida directa (Lozano y lozano, 2015, p.26)

Domínguez, María, (2018), et al, en su trabajo “Desalinización mediante tecnologías de membrana como alternativa frente al problema de escasez de agua dulce” se especificó que la desalinización en Latinoamérica, específicamente en México, utilizando Osmosis inversa se obtuvo una eficiencia en remoción de sales, materia orgánica, iones y bacterias del 99 %. En Brasil un porcentaje entre el 40 y 70 %, utilizando la salmuera en actividades de

agricultura, minería, etc. Asimismo, en Japón se logró aumentar los porcentajes de recuperación hasta el 65% para agua de mar con concentraciones de 35,000 mg/L SDT.

En los países industrializados el acceso al agua potable, está al alcance de la mano, pero a pesar de todos los progresos que ya se han realizado, los esfuerzos deberían de continuar para erradicar el desabastecimiento de dicha bebida hídrica y para que esta pueda ser distribuida como potable incluso en los pueblos más apartados (Smets, 2019, p.13)

El agua salobre es agua superficial o subterránea con un contenido de sal generalmente en el rango de 1 - 25 g/L, y su salinidad es mayor que la del agua dulce (contenido de sal ~ 35 g/L). El alto contenido de sal, la alta dureza y el sabor amargo hacen que el agua salobre no sea potable para los humanos y el ganado. Asimismo, el consumo prolongado de agua salobre de alta salinidad puede causar enfermedades digestivas, infecciones de la piel, hipertensión, cálculos renales e incluso varios tipos de cánceres. Es importante mencionar que el agua salobre representa el 1% del agua total de la tierra, y el agua dulce disponible solo representa el 0,8% del agua total (Runhong, et al, 2020, p.1).

A pesar de las grandes reservas de agua de mar, la desalación de agua salobre es de gran significancia porque consume menos energía que la desalinización de agua de mar. Por lo tanto, esta desalinización de agua salobre se ha convertido en un enfoque importante para proporcionar agua dulce segura. Por otro lado, el agua subterránea salobre de la tierra tiene un contenido de sal 85% de agua, lo que representa un enorme potencial como recurso hídrico a utilizar (Runhong, 2020, p.1).

Cabe recalcar que las aguas naturales poseen en su composición sólidos disueltos en mayor o menor proporción. En cuanto a la salinidad, esta se puede determinar en mg/l de sólidos disueltos totales (TDS), y su conductividad en microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) en lo que se refiere al límite de salinidad del agua dulce se encuentra en 250 mg/L, por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América establece 250 mg/L de cloruro y 500 mg/L de TDS (Quintanilla, 2019, p.5).

A continuación, se presenta la salinidad de diferentes tipos de agua: (Medina, 2019, p. 14).

Tabla 1: Salinidad de diferentes tipos de agua

Agua	SDT (mg/L)
Ultrapura	0.03
Pura	0.3
Desionizada	3
Potable	<1,000
Salobre	1,000 10,000
Salina	10,000 30,000
Marina	30,000 50,000

Fuente: elaboración propia.

Las principales tecnologías de desalinización se pueden dividir en cuatro procesos: los procesos por evaporización (destilación flash multi-etapa, destilación multiefecto, destilación por compresión de vapor, destilación solar), los procesos por cristalización (congelación, formación de idratos) proceso por membrana (ósmosis inversa) proceso por membrana selectiva (electrodialisis). Los procesos basados en membranas para la desalinización de agua son las más utilizadas debido a características tan ventajosas como la flexibilidad en el suministro de agua y la capacidad de procesamiento, adaptabilidad de la calidad del agua de origen, pequeño tamaño del equipo, operación simple y bajos costos de capital y operación. La desalinización de agua salobre por membranas ha demostrado ser un proceso viable para producir agua dulce limpia, y ha sido ampliamente utilizado en la fabricación industrial, riego agrícola y protección ecológica en zonas de escases de agua (Runhong, et al, 2020, p.2).

Tabla 2: Técnicas de tratamientos de desalinización

Proceso	Técnicas
Evaporación	Destilación flash multietapa Destilación multiefecto Destilación por compresión de vapor Destilación solar
Cristalización	congelación formación de hidratos

Membrana	osmosis inversa
	electrodiálisis

Fuente: elaboración propia.

La desalinización es una transformación física – química que tiene como principal objetivo remover la sal procedente del mar o salobre, con el propósito de obtener agua dulce disponible para el consumo de las personas (Alberti, 2015, p. 11)

En la actualidad existen diferentes tecnologías que se pueden emplear para efectuar la desalinización del agua de mar y del tipo salobres. Estas tecnologías se dividen en diferentes grupos (Ugarte, 2016, p. 5).

Las técnicas térmicas consiste en evaporar agua de la solución salina y condensar el vapor resultante (evaporación súbita multietapa, destilación de múltiple efecto, destilación con compresión de vapor y destilación solar).

Las técnicas de procesos por membrana son la osmosis inversa y la electrodiálisis reversible. Permiten el paso del agua, limitando el paso de los iones disueltos en función de su carga electrostática (Pérez, 2021, p.69).

La destilación el proceso consiste en calentar el agua hasta llevarla a evaporación, y posteriormente condensarla para obtener agua dulce. Este procedimiento de desalinización se lleva a cabo en varias etapas, la temperatura y la presión van descendiendo en cada etapa hasta conseguir el resultado deseado. Además, el calor obtenido de la condensación sirve también para volver a destilar el agua (Ugarte, 2016, p. 5).

La técnica de la osmosis inversa consiste en la filtración a través de bomba de alta presión para aguas mediante membranas semiporosas que retienen sales, sólidos disueltos totales y otros compuestos orgánicos; obteniendo agua purificada y sales concentradas rechazadas (Mendoza, 2016, p.11).

La técnica de electrodiálisis consiste en hacer pasar corriente eléctrica a través de una solución iónica. Los iones positivos (cationes) migrarán hacia el electrodo negativo (cátodo), mientras que los iones negativos (aniones) lo harán hacia el electrodo positivo (ánodo). Entre ambos electrodos se colocan dos membranas semi-impermeables que permiten selectivamente solo el paso del Na⁺ o del Cl⁻,

el agua contenida en el centro de la celda electrolítica se desaliniza progresivamente, obteniéndose agua dulce (Zhang, Yuan. et al, 2021, p. 5).

Congelación este tipo de técnica de desalinización consiste en pulverizar agua de mar en una cámara refrigerada y a baja presión. Esto hace que se formen unos cristales de hielo sobre la salmuera, que posteriormente se separan para obtener el agua dulce (Ramos, 2016, p. 26).

La técnica de formación de hidratos tiene una característica inusual de los hidratos es que su formación no es estrictamente dependiente de la temperatura. Se forman a alta presión cuando la temperatura del gas que fluye está muy por encima del punto de congelación del agua. (Ayala et al, 2015)

Destilación flash multi-etapa este proceso, el agua de mar es calentada en un tanque por medio de un serpentín o tubos en paralelo que contienen algún fluido caliente, para luego pasarse a otro, llamado etapa, donde la presión reducida permite que el agua hierva. Posteriormente, el agua vaporizada es enfriada y condensada para obtener el producto. (Devora et al, 2015)

Destilación multiefecto esta tecnología logra la destilación por la evaporación de la salmuera, en mayor medida por ebullición y en menor grado de forma súbita debido a diferencias de presión entre algunos de sus componentes. El nombre multi-efecto se le otorga porque posee una secuencia de varias celdas, llamadas efectos. Según la estructura general de la tecnología, cada efecto contiene como mínimo un evaporador, un precalentado o condensador y un recipiente de evaporación flash (Novoa, 2017).

La destilación por compresión de vapor consiste en que el calor necesario para llevar el agua de mar a ebullición se obtiene directamente del vapor que es removido del evaporador y reinyectado a la primera etapa luego de ser comprimido para elevar su temperatura de saturación. La compresión de vapor puede efectuarse por compresor mecánico (CMV) o por un termocompresor (CTV). (Ugarte, 2016)

La destilación solar funciona mediante un sistema eficiente y sencillo, que permite reproducir de manera acelerada y controlada los procesos naturales de evaporación y condensación del agua. Los principios de la destilación solar

pueden ser aplicados a distintas escalas, desde pequeños destiladores, hasta grandes instalaciones. (Hernández, 2019).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: De acuerdo a su función, el presente trabajo fue del tipo básico y por su nivel de profundidad del tipo descriptivo. Asimismo, se empleó metodología cualitativa.

Diseño de investigación: Este trabajo fue del tipo documental por los recursos utilizados de las diferentes bases de datos. Por el periodo en el que se llevó la investigación fue temporal, de investigación tipo longitudinal (Ramírez, et al, 2018, p. 22)

3.2. Categoría, sub categoría y matriz de categorización

Se efectuó la caracterización apriorística, la cual contó con categorías y sub categorías construidas antes de recopilar la información, la que surgen desde la propia indagación. (ver anexo 01)

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio fueron las plataformas de bases de datos indexadas, como: Scopus, Science direct, Scielo, proquets. Todo esto con el fin de determinar las distintas técnicas de tratamiento de agua salobre en la potabilización del agua.

3.4. Participantes

Los participantes fueron los diferentes artículos científicos obtenidos de las bases de datos indexadas de acceso libre, de las cuales se obtuvieron dichos artículos. Posteriormente se seleccionaron los que cumplían con los criterios de inclusión – exclusión, artículos que hacían referencia a las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable.

Tabla 3: criterio de inclusión

Criterio	Inclusión
Idioma	Inglés y español
Año de publicación	2016-2021
Tipo de base de datos indexada	Acceso abierto
Acceso a la literatura	Abierto

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la técnica del análisis documental y como instrumento de recolección, la ficha de recolección de datos, la que permitió la identificación y recopilación de la información.

Tabla 4: Términos de búsqueda de la información

Base de Datos	Palabras Claves
Science direct	En ingles: "Techniques" and "desalination" "water" "distillation" and "multi-effect" "multi-stage flas" "solar" "vapor compression" "reverse osmosis" "electrodialysis" "freezing" "hydrate formation" "removal" "salt" "parameters "" operation "
Scopus	En ingles: "Techniques" and "desalination" "water" "distillation" and "multi-effect" "multi-stage flas" "solar" "vapor compression" "reverse osmosis" "electrodialysis" "freezing" "hydrate formation" "removal" "salt" "parameters "" operation "
Scielo	En español: "Técnicas" "desalinización" "agua" "destilación" "multiefecto" "flas multietapa" "solar" "comprensión de vapor" "osmosis inversa" "electrodialisis" "congelación" "formacion por hidratos" "remocion" "sal" "parametros" "operacion" En ingles: "Techniques" and "desalination" "water" "distillation" and "multi-effect" "multi-stage flas" "solar" "vapor compression" "reverse osmosis" "electrodialysis" "freezing" "hydrate formation" "removal" "salt" "parameters "" operation "
ProQuest	En español: "Técnicas" "desalinización" "agua" "destilación" "multiefecto" "flas multietapa" "solar" "comprensión de vapor" "osmosis inversa" "electrodialisis" "congelación" "formacion por hidratos" "remocion" "sal" "parametros" "operacion" En ingles: "Techniques" and "desalination" "water" "distillation" and "multi-effect" "multi-stage flas" "solar" "vapor compression" "reverse osmosis" "electrodialysis" "freezing" "hydrate formation" "removal" "salt" "parameters "" operation "

Fuente: Elaboración propia

3.6. Procedimiento

Como primer procedimiento, en la presente tesis, se efectuó la consulta previa o búsqueda en la base de datos de artículos científicos, luego se procedió a utilizar las palabras clave del estudio, por consiguiente, se consideró los criterios de inclusión y exclusión, en los diferentes motores de búsqueda (Sciencedirect, ProQuest, Scielo, SCOPUS,).

En esta primera fase se detectaron 90 artículos científicos; de los cuales se desecharon 40 porque no estaban indexados en las bases de búsqueda, o por no estar directamente relacionados con el tema a investigar.

De los 50 artículos seleccionados, se desecharon 25 por estar en otros idiomas que no fuesen portugués, español o inglés, o por no corresponder al año de publicación 2016 – 2021.

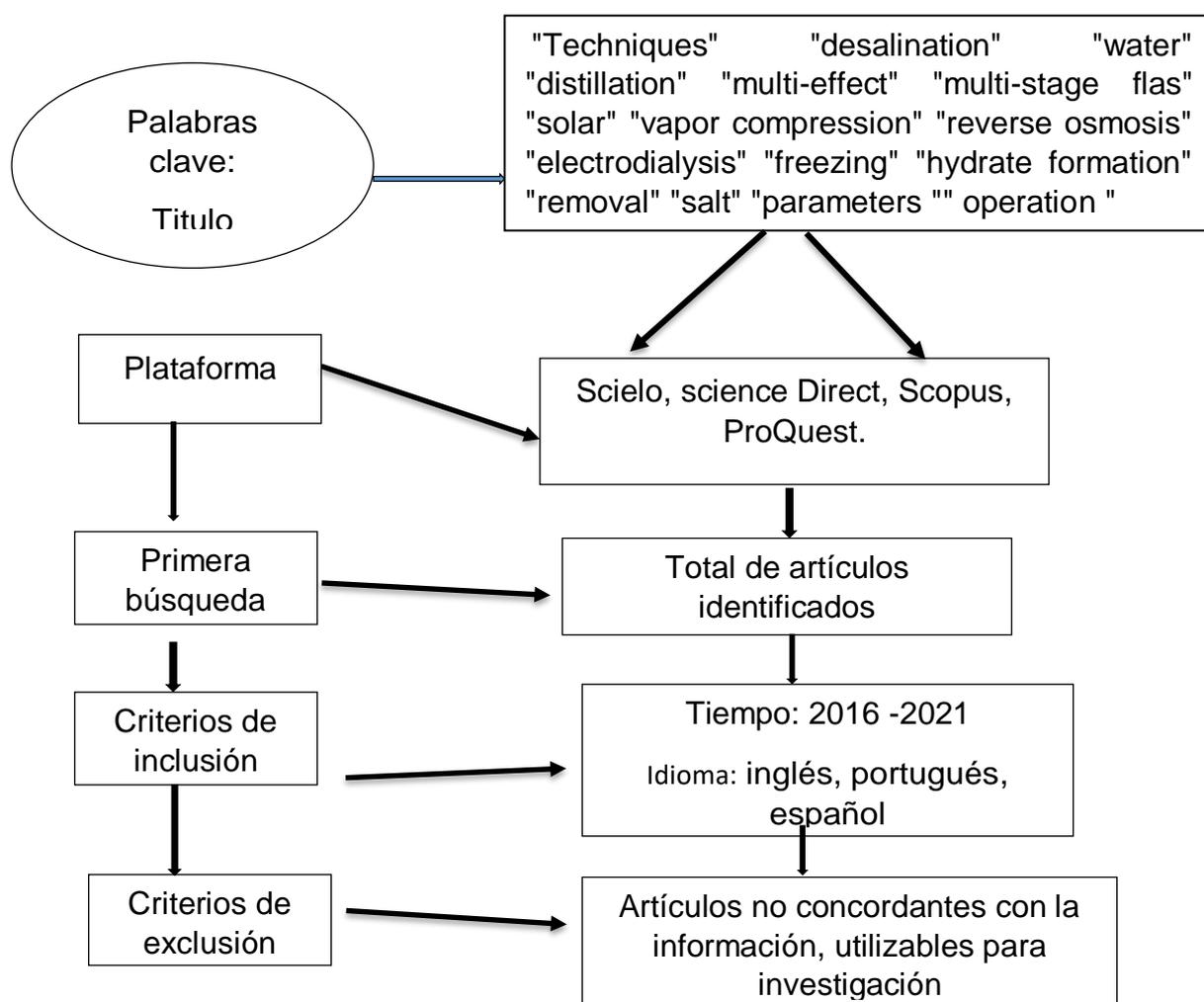


Figura 1: Flujograma del procedimiento.

Fuente; Elaboracion propia

3.7. Rigor científico

Dentro del enfoque epistemológico cualitativo, el rigor científico de la investigación se fundamenta en la credibilidad como criterio análogo a la validez interna, que corresponde al enfoque epistemológico cuantitativo. Del mismo modo, la transferibilidad, y seriedad del enfoque cualitativo se corresponden con la validez externa, confiabilidad y objetividad; respectivamente; y, que, corresponden al paradigma cuantitativo (Arias, 2011, pág. 503).

En tal sentido, la presente investigación se caracteriza por tener una credibilidad altamente fiable; toda vez que, para realizar la investigación documental “Evaluación de técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable”; se recurrió a la revisión sistemática de la investigación científica publicada e indexada en Bibliotecas Virtuales altamente calificadas como ProQuest, Scielo, Sciencedirect, y Scopus; de donde se consultaron, consideraron, analizaron y resumieron artículos científicos, cuyos autores gozan de elevada credibilidad.

Por las mismas razones arriba expuestas, el presente trabajo goza de los criterios de transferibilidad, y seriedad; es decir, que los datos aquí expuestos tienen validez externa, son confiables y objetivos.

Así mismo, para que exista rigor científico, todo trabajo de investigación debe ser replicable y auditable (Arias, 2011, pág. 504); criterios que el presente trabajo los satisface; toda vez que proporciona información para reproducir o modificar las investigaciones ya realizadas sobre el tema que aquí se revisa; así como es totalmente auditable; porque informa, con detalle, las revisiones sistemáticas y documentadas que otros investigadores han realizado.

3.8. Método de análisis de datos

En el presente estudio, la metodología de análisis de datos se realizó usando el método de grupos de categorías, los cuales cada uno contenía el objetivo general y específico, en cada una de las categorías se plantearon subcategorías delimitadas por descripciones, agrupando la información de los artículos investigados referente a las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable, de acuerdo a los objetivos establecidos se

realizó tabulaciones en el programa EXCEL 2013 el cual permitió clasificar la información de los artículos obtenidos.

3.9. Aspectos éticos

El presente trabajo ha cumplido la veracidad de los resultados obtenidos por el investigador, respetando los valores éticos y morales.

Del mismo modo se respetó, los lineamientos de la investigación, estipulados por la Universidad César Vallejo, la norma ISO 690-2, y las demás consideraciones.

Los aspectos éticos de la presente investigación, fueron aplicados, en todo momento, en la revisión sistemática de la literatura científica relacionada con el presente trabajo; lo cual se refleja, en que se pueden identificar los autores de los artículos científicos indexados; obteniéndose de este modo, una alta validez del contenido de la investigación. Para ello, se citaron correctamente las referencias bibliográficas en formato ISO 690-2; y, se cumplió con el código de ética de la UCV -2020.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de destilación flash multietapa.

Autor	Técnica	Fuentes de agua salina	Parámetro	
			Temperatura de salmuera superior (° C)	Presión (kPa)
Hanshik Chung et al., 2016	Destilación flash multietapa	marina	90 - 105	200
Khoshrou et al., 2017	Destilación flash multietapa	continentales	105 - 115	205
Ghonemy Amk., 2018	Destilación flash multietapa	marina	110	210

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se muestra la recopilación de los artículos estudiados para la evaluación de las técnicas de desalinización del agua por el proceso de evaporación mediante la técnica de destilación flash multietapa con la finalidad de evaluar los parámetros más relevantes que intervienen en el proceso de desalinización, en el artículo de (Hanshik Chung et al., 2016) menciona que en la técnica de destilación flash multietapa se usó la fuente de agua marina para la desalinización, teniendo como parámetros más relevantes que interviene en el proceso al parámetro de la temperatura de salmuera superior en un intervalo de 90 a 105 °C, una presión de 200 kPa siendo estas los principales parámetros para la eficiencia en cuanto al producto de agua destilada esta agua producida por el proceso de evaporación térmico mantiene 10 ppm de salinidad porque el vapor evaporado de agua de mar es puro. También (Khoshrou et al., 2017) investigo así mismo que los parámetros de mayor influencia para dicha técnica es la temperatura de salmuera en un rango de 105 a 115 °C, con una presión de 205 kPa, en consecuencia la planta desalinizadora alcanza una mayor eficiencia en cuanto a la producción de agua dulce. Mientras que (Ghonemy Amk., 2018) evaluó que la técnica flash multietapa trabaja mucha mejor temperatura de salmuera de 110 °C y una presión de 210 kPa, dando como resultado un aumento de rango de temperatura en las etapas que es la fuerza impulsora para la transferencia de calor para la evaporación, condensación y

destilación de agua dulce. Por otra parte (Darawsheh, Islam y Banat., 2019), probo una temperatura de salmuera superior (TBT) a 100°C, y una presión de 200 kpa, obteniendo como la calidad del agua destilada producida medida fue de 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una buena calidad del proceso. La conductividad eléctrica típica para agua ultrapura, agua potable y agua de mar es de 0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 50 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 50 mS/cm, respectivamente, mediante la evaluación obtenida se puede decir que a estos rangos de temperatura y presión se puede lograr una buena eficiencia en cuanto a la remoción de sales.

Tabla 6: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de destilación multiefecto.

Autor	Técnica	Fuentes de agua salina	Parámetros	
			Temperatura de la fuente de calor (°C)	Numero de efectos
Guo Penghua et al., 2020	destilación multiefecto	marina	300- 500	12
Tlili Iskander et al., 2019	destilación multiefecto	marina	600	20
Ahmadi Pouria., 2019	destilación multiefecto	marina	900	25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6; se muestra los artículos evaluados de la técnica de destilación multiefecto y los parámetros más relevantes, (Guo Penghua et al., 2020) estudió que en la técnica de destilación multiefecto uno de los parámetros más importantes es la temperatura de fuente de calor que va en un rango de 300 a 500 °C mencionando que una temperatura más alta de la fuente de calor puede mejorar la evaporación del rociado, la temperatura de 500 ° C se considera más beneficioso para el diseño y el funcionamiento del mismo sistema, así también el número de efectos es ya que más cantidad de efectos más porcentaje de producción de agua dulce en la planta conto con 12 números de efectos para la desalinización de agua de mar, al igual que (Tlili Iskander et al., 2019) también estudio que la temperatura de la fuente de calor para la destilación multiefecto

fue de 600 °C con un numero de efectos de 20 logrando una mayor recolección de agua dulce, (Ahmadi Pouria., 2019) menciona que la temperatura de calor de 900 ° C es necesaria en proporción al número de efectos que fue de 25 a mayor número de efectos mayor temperatura. Por otro lado también (Hotmani Oma et al., 2020) estudió la temperatura de alimentación esta fue de 500°C y los números de efectos de 17, mencionó que la temperatura va de acuerdo al número de efectos de la planta desalinizadora para una alta tasa de obtención de agua destilada.

Tabla 7: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de destilación por compresión de vapor.

Autor	Técnica	Fuentes de agua salina	Parámetro		
			presión (Kpa)	Temperatura de alimentación (°C)	TDS (mg/L)
Wang Kai et al., 2019	Destilación por compresión de vapor	marina	300	200	40
Wen Chuang et al., 2019	Destilación por compresión de vapor	marina	280	252,7	37
Xiong Luo et al., 2021	Destilación por compresión de vapor	marina	270	190	35

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se muestra la recolección de artículos en relación a la técnica de destilación por compresión de vapor (Wang Kai et al., 2019) menciona que el primer parámetro más importante para esta técnica es la presión que ejerce el eyector de vapor y como segundo parámetro la temperatura de alimentación de agua, este estudio se obtuvo una presión de vapor de 300 kpa y una temperatura de agua de alimentación de 200 °C donde en esos parámetros constantes se obtuvo los sólidos disueltos totales (TDS) en un valor de 40 mg/L. También (Wen Chuang et al., 2019) estudió los parámetros, temperatura del agua de alimentación: 252,7 °C, presión 280 Kpa, a esos valores de temperatura y

presión se obtiene agua destilada, con bajas cantidades de sólidos disueltos totales a 37mg/L, así también (Xiong Luo et al., 2021) estudio una presión 270 kPa, una temperatura de alimentación de 190 °C de agua de fuente marina obteniendo un gran porcentaje de agua destilada con un valor de 35mg/L de sólidos disueltos totales. Por otro lado (Shen Jiubing et al., 2016), estimo una presión de 270 Kpa y una temperatura de alimentación de 200°C, obteniendo un valor de 35mg/L de sólidos totales disueltos en el agua destilada, lo que indica que a estos rangos de trabajo para la técnica de destilación por compresión de vapor se remueve los sólidos totales disueltos en el agua en gran cantidad.

Tabla 8: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de destilación solar.

Autor	Técnica	Fuente de agua salina	parámetro		
			Temperatura del agua superficial (°C)	Temperatura de evaporación (°C)	Conductividad (µS / cm)
Chen Li et al., 2021	destilación solar	marina	59,9 C	56.1	49
Pal piyush et al., 2017	destilación solar	marina	60	57	45
Ligy Philip et al., 2017	destilación solar	marina	65	60	50

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8; se observa los artículos relacionados a la técnica de destilación solar y los parámetros más relevantes que intervinieron, en el artículo de (Chen Li et al., 2021) se estudió los parámetros como la temperatura de evaporación donde la temperatura optima fue 56.6 °C, la temperatura máxima del agua superficial 59,9 °C a las 12 h, mencionando que la técnica trabajando a esos intervalos de temperatura obtuvo una conductividad de 49 (µS/cm), así también (Pal Piyush et al., 2017) menciono que la temperatura de evaporación a 57 °C, y la temperatura del agua superficial a 60 °C alcanzo una conductividad de 45 (µS/cm), como también (Ligy Philip et al., 2017) menciono los parámetros de la

temperatura del agua del agua superficial a 65°C, y la temperatura del evaporación a 64 ° C, donde logró una conductividad eléctrica de 50 (μS/cm). Así también (Alkhalidi Ammar y Khalid Yazeed., 2021), estudio la temperatura de agua superficial a 60°C y la temperatura de evaporación de 56°C con los cuales se le logro una conductividad del agua destilada de 47 (μS / cm), esto quiere decir que manteniendo a esa temperaturas el sistema de desalinización se puede obtener una agua destilada con valores bajos en conductividad eléctrica.

Tabla 9: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de congelamiento.

Autor	Técnica	Fuente de agua salina	Parámetro
			Temperatura de cristalización(k)
Jayakody Harith et al., 2018	Congelamiento	Marinas	225
Yuan Llet al ., 2020	Congelamiento	Marinas	269
Zambrano et al., 2018	Congelamiento	Marinas	250

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9, se puede observar los artículos en relación a la técnica de desalinización por congelación, (Jayakody Harith et al., 2018; Yuan Llet al ., 2020 Y Zambrano et al., 2018) estudiaron temperaturas de congelación a 265, 269, 250K, respectivamente mencionaron que al disminuir la temperatura de congelación aumenta la solidificación de agua, también el tamaño de las regiones de la fracción de fase líquida está aumentando a medida que las temperaturas de congelación disminuyen, lo que lleva a mayores volúmenes de hielo producido, donde 265, 269 , 250 K, de temperatura de congelación producen 3421.04, 5189.83, 1093. mm3 de hielo respectivamente después de 8 minutos de congelación, Las salinidades del hielo y la salmuera después del proceso de congelación se han comparado para diferentes temperaturas de congelación, donde indicaron que están eran las más eficientes para la formación de hielo como para la remoción de sales en el agua. Así también (Yang Hui et al., 2020), demostró que trabajo con una temperatura de congelación de 250 k a

medida que la temperatura de hielo disminuye se produce una mayor cantidad de hielo y una mayor eficiencia de remoción de sales en el agua, considerando que la temperatura de 250 k es una temperatura optima en cuanto a la formación de hielo y remoción de sales.

Tabla 10: Parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica de formación por hidratos.

Autor	Técnica	Fuente de agua salina	Parámetros	
			Temperatura (k)	Presión (bar)
Qiunan Lv et al., 2019	Formación de hidratos	Marina	289	1
Han Songlee et al., 2017	Formación de hidratos	Marina	277	4
Hong Sujin et al., 2019	Formación de hidratos	Marina	295	6

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se muestra los artículos seleccionados para la evaluación de los parámetros más relevantes en cuanto a la técnica de formación por hidratos (Qiunan Lv et al., 2019) estudió la desalinización a base de hidratos, usando ciclo pentano (CP) como huésped de hidratos secundarios así también para aliviar los requisitos de temperatura para la formación de hidratos, con una temperatura menciona la temperatura optima es de 289 k y una Presión máxima de 1bar, Las señales de presión y temperatura se obtuvieron mediante un sistema de adquisición de datos impulsado por una computadora donde los iones disueltos se eliminan y la eficiencia de eliminación de varios cationes se dio en el siguiente orden: Na \rightarrow K \rightarrow Mg²⁺, (Han Songlee et al., 2017) también indico los siguientes parámetros que más influyen es la temperatura 277 k y la Presión; 4 bar, la formación de hidratos de gas se llevó a cabo a 277,15 K, usando agua de mar de 3,4% en peso de salinidad y 3% en moles de ciclopentano a una mezcla de agua-ciclopentano la formación de hidratos de una sola etapa seguida eliminó el 63% de los iones de sal. Por otro lado (Woo Yesol et al., 2019) también menciona que a 298 K con una presión de 5,2bar se removió el 75% de sales, considerando estos valores de temperatura y presión.

Tabla 11: parámetros de operación más relevantes que intervienen en la técnica osmosis inversa.

Autor	Técnica	Fuente de agua salina	Parámetros			
			pH	Temperatura (°C)	Presión (bar)	TDS (mg/L)
Rioyo Javier, Aravinthan Vasantha y Bundschuh Jochen., 2019	Osmosis inversa	continentales	8,1	40	32	115
Mayzonee et al., 2020	Osmosis inversa	Marina	8,3	35	32	200
Colla et al., 2016	Osmosis inversa	Continental	8,1	35	30	122
Kwon Young Y Hyung Parque., 2018	Osmosis inversa	Continental	8,5	37	30	125

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 11, se muestran los artículos para la evaluación de la técnica osmosis inversa en relación a los parámetros más relevantes, (Rioyo Javier, Aravinthan Vasantha, y Bundschuh Jochen., 2019) evaluó un 'pretratamiento de pH alto' por lotes para minimizar el (alta salinidad, alta alcalinidad, y alta dureza de Mg), a un pH de 8.1 y una Presión de 32 bar, lo que resultó en una menor propensión a la formación de incrustaciones. Al final del experimento, los valores de TDS fueron 115 mg/L. Mientras que (Colla et al., 2016) evaluó el pH a 8.1 del agua de alimentación para su función de la osmosis inversa y una Presión 30 bar alcanzando una reducción de 200 mg/L en STD, (Kwon Young Y Hyung Parque., 2018), evaluó un pH óptimo de 8,5 y una presión de 30 bar indicando que son los valores óptimos para una eficiencia en desalinización en aguas salobres. Así también (Sanna Anas et al., 2021), evaluó un pH de 8,1, con una temperatura de 35°C y una presión de 37 bar, mencionando que a estos rangos de temperatura y presión y pH, se obtiene 121 mg/L de agua solidos disueltos totales en el agua salobre, estos resultados confirman la eficiencia de la osmosis inversa en cuanto a los parámetros mencionados y los rangos estudiados para la eliminación de sales en el agua.

Tabla 12: *Parámetro de operación más relevante que intervienen en la técnica electrodiálisis.*

Autor	Técnica	Fuentes de agua salina	Parámetros			
			Corriente (A)	Voltaje (V)	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)
Rasit Muhammed et al., 2021	Electrodiálisis	Contenedores	3,2	15	35	1500
Rajput Abhishek et al., 2021	Electrodiálisis	Contenedores	3	12	40	1300
Benneker Anne et al., 2018	Electrodiálisis	Contenedores	3,5	15	40	1500

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12, se muestra los artículos en relación a los parámetros más relevantes en la técnica electrodiálisis, en el artículo de (Rasit Muhammed et al., 2021) evaluó los parámetros más relevantes fueron la corriente 3,2, voltaje 15, temperatura 35°C mencionando que trabajando a esa corriente, voltaje y temperatura se obtiene una conductividad de 1500 (μS/cm) por debajo de lo permitido por la OMS (organización mundial de la salud) en cuanto a la conductividad que tiene que tener el agua para consumo humano, así también (Rajput Abhishek et al., 2021) evaluó una corriente de 3 con un voltaje de 12 y una temperatura de 40°C con los cuales se obtuvo una conductividad de 1300(μS/cm), (Benneker Anne et al., 2018) estudio los parámetros de la corriente a 3,5 el voltaje a 15 y la temperatura de 40°C con los cuales obtuvo una conductividad parámetro para la calidad de agua potable 1500 (μS/cm). Por otro lado, (Sanjuán Ignacio et al., 2018) comprobó que usando una corriente en los rangos de 3 a 3,5 y una y voltaje de 11 hasta 15(volt) con una temperatura de 35 a 40°C se alcanza una conductividad eléctrica en el agua de 1000 a 1500 (μS/cm).

Tabla 13: Eficiencia de la remoción de sal en el agua por el proceso de evaporación.

Autor	Técnica	Fuente de agua	Remoción (%)
Ghonemy Amk., 2018	Destilación flash multietapa	Marina	70 - 100
Hanshik Chung et al., 2016	Destilación flash Multietapa	Marina	90 - 100
Guo Penghua et al., 2021	Destilación multiefecto	Continetales	77 - 100
Ahmadia Pouria et al., 2020	Destilación Multiefecto	Marina	95
Chen chun et al., 2021	Destilación por compresión de vapor	Marina	99
Chen Lin et al., 2021	Destilación solar	Marina	99,97
Pal et al., 2017	Destilación	Marina	99,5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se muestran los artículos en relación a la evaluación del porcentaje de remoción de sal en el agua por el proceso de evaporación térmica mediante las técnicas de destilación, en el artículo de (Ghonemy Amk., 2018) estudió que la prueba de rendimiento de una planta desalinizadora de agua de mar de múltiples etapas flash (MSF) se dio de 70 % a 100% de la remoción de sales en el destilado, obteniendo agua dulce para potabilización. (Hanshik Chung et al., 2016) en la técnica de destilación flash multietapa según los resultados obtenidos de este estudio, se conoció que el TBT (temperatura máxima de la salmuera) es el factor de diseño clave que determina el rendimiento de desalinización de la técnica de destilación de múltiples etapas el valor obtenido fue de remoción el 90 % a 100%. La capacidad de producción de agua dulce dependió directamente de aumentar el la temperatura superior de salmuera para la producción de agua dulce. (Guo Penghua et al., 2021) estudió el sistema de desalinización por destilación multiefecto con una temperatura de la fuente de calor de 500 °C se recomienda en la práctica; la eficiencia de remoción de salinidad en el agua fue de 77 a 100 %. (Ahmadia Pouria et al., 2020) estudió

un sistema de desalación, indico que los parámetros, de diseño del sistema tiene relación en la remoción de la salinidad en el agua teniendo como resultado 95% de eficiencia en remoción de salinidad. (Chen chun et al., 2021) Refiriéndose al método de diseño de desalinización de agua de mar este sistema de desalación por destilación de comprensión de vapor La tasa de remoción de salinidad del agua fue de 99%. (Chen Lin et al., 2021) en la técnica de destilación solar indico que se eliminó el 99,97% de sales y (Pal et al., 2017) también en la técnica de destilación solar indico que se eliminó 99,5 % de sales en el agua. Por otro lado (Alharbi Sattam, Elsayed Mohamed y Chow Louis., 2020) estudio los proceso de evaporación mencionado de igual manera que estas técnicas por proceso de evaporación, logran altas remociones de sales en el agua de fuentes marinas con gran contenido de sales, recalcando que alcanzan un porcentaje del 70 al 100% en remoción de sales para dicho proceso.

Tabla 14: Eficiencia de la remoción de sal en el agua por el proceso de cristalización.

Autor	Técnica	Fuente de agua	Remoción (%)
Zambrano et al., 2018	Congelamiento	Marinas	98,5
Jayakody et al., 2018	Congelamiento	Marinas	97
Qiunan Lv et al., 2019	Formación de hidratos	Marinas	62,02
Han Songlee et al., 2017	Formación de hidratos	Marinas	70,8

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se observa los artículos de acuerdo a los porcentajes de remoción por los procesos cristalización mediante las técnicas congelamiento y formación de hidratos, (Zambrano et al., 2018) en la técnica de congelamiento, la concentración de congelación en bloque fue eficaz para aumentar la pureza del agua hasta obtener agua dulce, Con este proceso, la eliminación de sal logró

una eficiencia mediante la técnica del 98,5% en remoción de sales en el agua. (Jayakody et al., 2018) Las salinidades del hielo y la salmuera después del proceso de congelación se han comparado para temperaturas de congelación de 265 K, 257 k, removieron la sal en el agua 95 %, 97% respectivamente. Se vieron que a temperaturas de congelación más altas, el hielo producido es con salinidades más bajas, (Qiunan Lv et al., 2019) en la técnica de formación por hidratos, El grado de desalinización del agua de mar, se discutió midiendo la concentración iónica en la solución antes de la formación de hidratos y después de la descomposición de los hidratos. La eliminación de cationes La eficiencia se presentó en el siguiente orden: $Na^+ > K^+ > Mg^{2+}$, Las eficiencias de eliminación de ellos fueron sucesivamente 85,52%, 83,93%, 80,7%. La eficiencia de eliminación de aniones se presentó en Cl^- . Fueron 62,09%. Por otro lado (Woo Yesol et al., 2019), estudio los procesos de cristalización para desalinizar el agua marina donde menciono que los porcentajes de eficiencia para desalinizar el agua de este proceso van de 70 al 98 % de eficiencia.

Tabla 15: Eficiencia de la remoción de sal en el agua por el proceso de membrana.

Autor	Técnica	Fuentes de aguas salinas	Remoción (%)
Mayzonee et al., 2020	Osmosis inversa	Continetales	92
Rioyo Javier, Aravinthan Vasantha Y Bundschuh Jochen., 2019	Osmosis inversa	Continetales	93
Rasit Muhammed et al., 2021	Electrodiálisis	Continetales	94
Rajput Abhisheket al., 2021	Electrodiálisis	Continetales	97

Fuente: elaboración propia

En la tabla 15, se muestran los artículos relacionados a la remoción de sales en el agua mediante el proceso de membrana usando las técnicas de osmosis inversa y electrodiálisis, (Mayzonee et al., 2020) Los datos experimentales se proyectaron utilizando el modelo de análisis del sistema de ósmosis inversa los resultados muestran que logró un rendimiento de desalación satisfactorio al 92%.

(Rioyo Javier, Aravinthan Vasantha Y Bundschuh Jochen., 2019) El proceso de precipitación de pH alto proporcionó signos reducción significativa de la concentración de Na (93%), Cl (93%). Después del pretratamiento de pH alto, el reajuste del pH permitió minimizar la concentración de sólidos disueltos totales (TDS) a 100,8 mg/L. (Rasit Muhammed et al., 2021) en la técnica de electrodiálisis la conductividad disminuye con el aumento del tiempo se obtuvo una relación de desalinización superior al 94% para todas las soluciones con diferentes concentraciones. Por otro lado (Dardón Abdel, 2017), en su estudio de igual manera alcanzó a remover el 92% de sólidos disueltos totales mediante la técnica por membrana osmosis inversa.

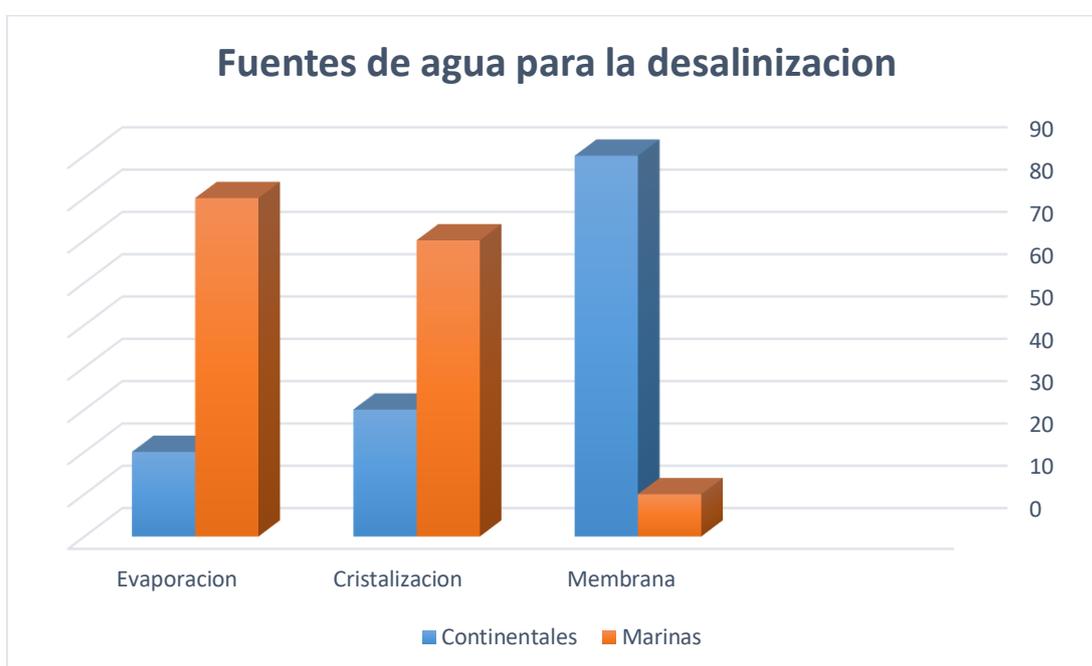


Figura 2: Fuentes de agua para la desalinización

Fuente; Elaboración propia.

En la figura 1, se muestra el porcentaje de uso de las fuentes de agua para la desalinización mediante los procesos de evaporación, cristalización y membrana, estas fuentes son de dos tipos continentales y marinas. Las fuentes continentales son aguas subterráneas o superficiales mayormente salobres y las fuentes marinas son aguas de mar salinas, para las técnicas de destilación flash multietapa, destilación multiefecto, destilación por comprensión de vapor y destilación solar, que trabajan mediante el proceso de evaporación, los artículos seleccionados de las fuentes de bases de datos indexadas muestran que el 80

% estas técnicas usaron aguas marinas y en un 20 % aguas continentales debido a la alta eficiencia para desalinizar el agua de mar que contienen altos rangos de sales, también debido a que trabajan a gran escala con grandes cantidades de agua por día, para las técnicas de congelamiento y formación de hidratos que trabajan mediante el proceso por cristalización el 70% fueron de fuentes de agua marina y 30% de fuentes continentales, por otro lado para las técnicas de osmosis inversa y electrodiálisis que trabajan mediante el proceso por membrana, las fuente de agua fue fuentes continentales con un 90% y las fuentes marinas con un 10 %, debido a que las membranas con altos contenidos de sales en el agua como se caracteriza las fuentes de aguas marinas, sufren incrustaciones debido al alto contenido de sales en el agua y genera una ineficiencia de remoción en cuanto a la salinidad del agua.

V. CONCLUSIONES

- Los parámetros de operación más relevantes que intervienen en las técnicas de tratamiento de desalinización fueron, el pH, la presión, la temperatura, los sólidos disueltos totales, conductividad, intensidad de corriente y voltaje.
- Los mejores valores de eficiencia de remoción de salinidad en agua reportados corresponden a los procesos por membrana, en valores de 92 al 97%; los de cristalización entre 70,8 y 98,5% y los de evaporación que están en un rango entre 70,8 y 100%
- Las fuentes de agua salobres más utilizadas en la obtención de agua potable corresponde al agua de mar y usando las técnicas de evaporación y cristalización, mientras que en el caso del tratamiento de aguas continentales, corresponde a la técnicas de membrana como la más utilizada.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe estudiar los costos de producción de agua dulce, el consumo de energía requerida, de las distintas técnicas de desalinización de agua.
- Es importante evaluar las técnicas que usan energía renovable, ya que contribuyen con el cuidado y la conservación del medio ambiente.
- Se sugiere investigar cuales son las condiciones en las que las salmueras de cada proceso de las técnicas de desalinización se vierten al mar y si se le aplica algún tratamiento previo.

REFERENCIAS

1. AHMADI, Pouria, [et al.]. Development, evaluation, and multi-objective optimization of a multi-effect desalination unit integrated with a gas turbine plant. *Applied Thermal Engineering*, 2020, vol. 176, p. 115414. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431119360326>
2. AYALA, Carlos y GARCIA, Christian. Determinación de la temperatura de formación de hidratos del gas natural utilizando redes neuronales artificiales. [En línea] 2015. [Citado el: 05 de 25 de 2021.] <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/1421920.pdf>.
3. BENNEKER, Anne M., [et al.]. Effect of temperature gradients in (reverse) electro dialysis in the Ohmic regime. *Journal of membrane science*, 2018, vol. 548, p. 421-428. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738817327394#:~:text=In%20reverse%20electrodialysis%2C%20the%20gross,C%20to%2040%20%C2%B0C.&text=The%20Ohmic%20resistance%20of%20the,a%20higher%20gross%20power%20density>.
4. CHEN, Chun-Bo y col. Consumo mínimo de vapor motriz en optimización de ciclo completo con consideración de ensuciamiento acumulativo para el sistema de desalinización MED-TVC. *Desalación*, 2021, vol. 507, pág. 115017. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916421000886?via%3Dihub>
5. CHEN, Dong. Et al. Experimental study on seawater desalination through supercooled water dynamic ice making. [en línea]. China. 2020. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en <file:///C:/Users/espin/Downloads/1-s2.0-S0011916419316212-main.pdf>
6. CHEN, Li, [et al.]. Solar distillation of highly saline produced water using low-cost and high-performance carbon black and airlaid paper-based

- evaporator (CAPER). *Chemosphere*, 2021, vol. 269, p. 129372. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520335700>
7. COLOMINA, Jordi. Desalination. Diseño de una planta desalinizadora con Sistema de osmosis inversa. [en línea]. España. 2016. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2021] Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/74584/COLOMINA%20-%20Dise%C3%B1o%20de%20un%20planta%20desalinizadora%20con%20sistema%20de%20osmosis%20inversa%20con%20producci%C3%B3n%20de%20...pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 8. DARDÓN, Abdel. Diseño de investigación del estudio de la producción de agua apta para consumo humano. [en línea]. Guatemala. 2017. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4141_C.pdf
 9. DÉVORA, German; GÓNZALEZ, Rodrigo y PONCE, Nora. Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en Mexico. [En línea] 02 de agosto de 2015. [Citado el: 07 de 30 de 2021.] <https://www.redalyc.org/pdf/461/46123333006.pdf>.
 10. DOMÍNGUEZ, María. [et al]. Desalinización mediante tecnologías de membrana como alternativa frente al problema de escasez de agua dulce. [en línea]. 2018. Colombia. [fecha de consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-69.pdf>
 11. EL-GHONEMY, A. M. K. Performance test of a sea water multi-stage flash distillation plant: Case study. *Alexandria engineering journal*, 2018, vol. 57, no 4, p. 2401-2413. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016817302697>
 12. GÓMEZ, Omar. Desalinización de agua para aplicaciones de potabilización mediante el desarrollo de tecnología solar sustentable [en

- línea]. 2018. México. [fecha de consulta: 25 de abril del 2021]. Disponible en <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/873/1/17450.pdf>
13. HAN, Songlee; RHEE, Young-Woo; KANG, Seong-Pil. Investigation of salt removal using cyclopentane hydrate formation and washing treatment for seawater desalination. *Desalination*, 2017, vol. 404, p. 132-137. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916416309742>
14. HANSHIK, Chung, [et al.] Improved productivity of the MSF (multi-stage flashing) desalination plant by increasing the TBT (top brine temperature). *Energy*, 2016, vol. 107, p. 683-692. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544216304340>
15. HERNÁNDEZ, Cristina. Desalinización de agua subterránea con alto contenido de arsénico mediante un sistema de destilación solar. [En línea] 01 de 2019. [Citado el: 30 de 05 de 2021.] <http://repositorio.uach.mx/243/1/HERNA%CC%81NDEZ-%20HERRERA%2C%202019.pdf>.
16. HONG, Sujin y col. Investigation of the thermodynamic and kinetic effects of cyclopentane derivatives on CO₂ hydrates for their possible application to the desalination of seawater. *Journal of Chemical Engineering*, 2019, vol. 363, pág. 99-106. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719301408>
17. JAYAKODY, Harith; AL-DADAH, Raya; MAHMOUD, Saad. Numerical investigation of indirect freeze desalination using an ice maker machine. *Energy Conversion and Management*, 2018, vol. 168, p. 407-420. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890418304795>

18. JIANG, Longjie, et al. Desalination. Fouling process of membrane distillation for seawater desalination: An especial focus on the thermal-effect and concentrating-effect during biofouling. [en línea]. Vol. 485. China. 2020. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2021] Disponible en <file:///C:/Users/espina/Downloads/1-s2.0-S0011916419322507-main.pdf>
19. LEVEQUE [et al]. Sustainable cities and society. Impact of climate change on the vulnerability of drinking water intakes in a northern region. [en línea]. Vol. 66. Canadá. 2020. [fecha de consulta: 10 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102656>
20. LIGARAY, Mayzonee, [et al.]. Energy projection of the seawater battery desalination system using the reverse osmosis system analysis model. *Chemical Engineering Journal*, 2020, vol. 395, p. 125082. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720310743>
21. LOPEZ, Samara, TORTAJADA, Cecilia y GONZALES, Francisco. Utilities Policy. Is the human right to water sufficiently protected in Spain? Affordability and governance concerns.[en línea]. vol. 63. Abril, 2020. [fecha de consulta: 12 marzo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.101003>
22. LOZANO, William y LOZANO Guillermo. Potabilización del agua: principios de control, procesos y laboratorio. [en línea]. Bogotá: universidad piloto de Colombia, 2015. [Fecha de consulta: 24 de abril 2021]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=3uk0DwAAQBAJ&lpg=PP1&dq=e%20agua%20potable%20libro&pg=PT3#v=onepage&q&f=false>
23. MENDOZA, Jimmy. Identificación y control multivariable de una planta piloto de desalinización por osmosis inversa. [en línea]. 2016. Perú. [fecha de consulta: 10 de abril de 2021]. Disponible en

http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/232/3/2016_Mendoza_Identificaci%C3%B3n%20y%20control%20multivariable%20de%20una%20planta%20piloto%20de%20desalinizaci%C3%B3n.pdf

24. MUHAMMED Raşit, [et al.]. Bipolar Membrane Electrodialysis for Mixed Salt Water Treatment: Evaluation of parameters on process performance. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, p. 105750. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721007272>
25. NOVOA, Gonzalo. Optimización y modelamiento de sistema de desalinación térmica multi-efecto MED. [En línea] 01 de 2017. [Citado el: 06 de 30 de 2021.] <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/24407/3560902038537UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
26. OPPLIGGER, Astrid. [et al]. Escasez de agua: develando sus orígenes híbridos en la cuenca del Río Bueno. [en línea]. Chile. 2019. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n73/0718-3402-rgeong-73-00009.pdf>
27. PARK, Hyung-Gyu; KWON, Young-Nam. Investigation on the factors determining permeate pH in reverse osmosis membrane processes. *Desalination*, 2018, vol. 430, p. 147-158. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916417316363>
28. PÉREZ, Emilio. Alquibla [en línea]. España. 2000. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en <http://1444971828.zielibroserin.xyz/prolibro.php?q=ALQUIBLA.%20N%C3%9AMERO%20DEDICADO%20A%20D.%20EMILIO%20P%C3%89REZ%20P%C3%89REZ.%20REVISTA%20DE%20INVESTIGACI%C3%93N%20DEL%20BAJO%20SEGURA.%20N%C3%9AMERO%206.%202000&s=AA.%20VV>

29. QIUNAN Lv, XIAOSEN L, GANG Li. Seawater Desalination by Hydrate Formation and Pellet Production Process. 2018. ScienceDirect. [En línea] ELSEIVER, 25 de agosto de 2018. [Citado el: 19 de 07 de 2021.] Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352854020300127>
30. QUINTANILLA, José. Aplicación de residuos de la industria azucarera para la remediación de un suelo salino-sódico de la costa central. [en línea]. Perú. 2019. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3853/quintanilla-rosas-jose-emanuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. RAJPUT, Abhishek, [et al.]. Effect of environmental temperature and applied potential on water desalination performance using electro dialysis. *Materials Today Chemistry*, 2021, vol. 20, p. 100484. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468519421000641>
32. RAMIREZ, Jasmina. Metodología de la investigación aplicada. [en línea]. 2018. Perú. [fecha de consulta: 26 de abril dle 2021]. Disponible en <https://jalfaroman.files.wordpress.com/2019/03/dosier-metodologia-e-investigacion-aplicada-2018.pdf>
33. RAMOS, Fredy. Desalinización de agua de mar para uso agrícola Chilca. [en línea]. Junio, 2018. [fecha de consulta: 26 de abril de 2021]. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/13845/Ramos_HFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
34. RIOYO, Javier; ARAVINTHAN, Vasantha; BUNDSCHUH, Jochen. The effect of 'High-pH pretreatment' on RO concentrate minimization in a groundwater desalination facility using batch air gap membrane distillation. *Separation and Purification Technology*, 2019, vol. 227, p. 115699. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586619304885>

35. RUNHONG, Jennifer et al. Desalación de agua salobre de alta salinidad mediante un sistema híbrido NF-RO. [en línea]. Vol. 491. Junio, 2020. [fecha de consulta: 26 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114445>
36. SEMENTS, Henri. Por un derecho efectivo al agua potable. [en línea]. París: universidad del rosario, 1994. [Fecha de consulta: 7 de mayo 1996]. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=fYux9Z-CcuMC&lpg=PP1&dq=el%20agua%20potable&pg=PA15#v=onepage&q=el%20agua%20potable&f=false> ISBN: 958-8298-24-5.
37. TLILI, Iskander, [et al.] Performance enhancement of a multi-effect desalination plant: A thermodynamic investigation. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2019, vol. 535, p. 122535. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378437119314517>
38. UGARTE, Diego. Desarrollo de un controlador inteligente para un bastidor de Ósmosis inversa de una planta desalinizadora de agua de mar. [en línea]. Perú. 2016. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/253/3/2016_Ugarte_Desarrollo-de-un-controlador-inteligente-para-un-bastidor-de-%c3%b3smosis.pdf
39. VÁZQUEZ, Rita. La desalinización como una alternativa de abastecimiento de agua. [en línea]. México. 2020. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2020/09/TESIS-V%C3%A1zquez-Lee-Rita-Janitzia-MAGIA.pdf>
40. WANG, Kai, [et al.]. Optimization design of steam ejector primary nozzle for MED-TVC desalination system. *Desalination*, 2019, vol. 471, p. 114070. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916419304266>
41. WEI, Chong y LIANG, Cheng. Technical and economic evaluation of seawater freezing desalination using liquefied natural gas. *Energy* [en

línea]. Vol. 181. 15 de junio de 2019. [fecha de consulta: 8 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.193>.

42. WEN, Chuang; DING, Hongbing; YANG, Yan. Performance of steam ejector with nonequilibrium condensation for multi-effect distillation with thermal vapour compression (MED-TVC) seawater desalination system. *Desalination*, 2020, vol. 489, p. 114531. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916420306974>

43. ZAMBRANO, A., [et al.]. Freeze desalination by the integration of falling film and block freeze-concentration techniques. *Desalination*, 2018, vol. 436, p.56-62. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0011916417321392#:~:text=A%20process%20to%20desalinate%20water,%25%2C%20suitable%20as%20drinkable%20water>.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz apriorística de categorización.

Objetivo general	Objetivos específicos	Problema general	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías		
Evaluar la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable, que han sido reportadas en la literatura científica en las distintas bases de datos indexadas.	Evaluar los parámetros de operación más relevantes que intervienen en las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable.	¿Cuál es la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable que han sido reportadas en la literatura científica de las distintas bases de datos indexadas?	¿Cuáles son los parámetros de operación más relevantes que intervienen en las técnicas de tratamiento de desalinización en la obtención de agua potable?	Evaporación	Destilación flash multietapa		
					Destilación multiefecto		
					Destilación por compresión de vapor		
					Destilación solar		
				Cristalización	Congelación		
					Formación de hidratos		
	Membrana		Osmosis inversa				
			Electrodialisis				
	Evaluar la eficiencia de la remoción de sal en el agua según el proceso de desalinización convencional aplicado		Evaluar la eficiencia de la remoción de sal en el agua según el proceso de desalinización convencional aplicado	¿Cuál es la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable que han sido reportadas en la literatura científica de las distintas bases de datos indexadas?	¿Cuál es la eficiencia de la remoción de sal en el agua según el proceso de desalinización convencional aplicado?	Evaporación	Destilación flash multietapa
							Destilación multiefecto
							Destilación por compresión de vapor
							Destilación solar
						Cristalización	Congelación
							Formación de hidratos
	Membrana		Osmosis inversa				
Electrodialisis							
Evaluar las fuentes de aguas salinas que han sido de mayor empleo en las técnicas de tratamiento de desalinización en la potabilización del agua.	Evaluar las fuentes de aguas salinas que han sido de mayor empleo en las técnicas de tratamiento de desalinización en la potabilización del agua.	¿Cuál es la eficiencia de las técnicas de tratamiento de desalinización de agua en la obtención de agua potable que han sido reportadas en la literatura científica de las distintas bases de datos indexadas?	¿Cuáles son las fuentes de aguas salinas que han sido de mayor empleo en las técnicas de tratamiento de desalinización en la potabilización del agua?		Continental	Superficiales	
						Subterráneas	
					Marinas	Agua de mar	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SALOBRES EN LA OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE", cuyos autores son SANTIAGO TORRES KATHERIN JHASMÍN, ROSAS LLAPO KAREN LORENA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 07 de Julio del 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID 0000-0001-9146-7615	Firmado digitalmente por: JACRUZM el 17-07-2021 17:11:06

Código documento Trilce: TRI - 0122745