



Sistema Desalinizador Solar Que Supla Las Necesidades Básicas Para El Acceso de Agua

Potable En Zonas Costeras

Albany Mesa Sánchez

Martha Andrea Mantilla Álvarez

Marcela Estefanía Aristizábal Palacio

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Bello (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Junio de 2023

Sistema Desalinizador Solar Que Supla Las Necesidades Básicas Para El Acceso de Agua
Potable En Zonas Costeras

Albany Mesa Sánchez

Martha Andrea Mantilla Álvarez

Marcela Estefanía Aristizábal Palacio

Monografía Presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)

Jaime Darío Restrepo Díaz

Magister en Gestión Tecnológica

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Bello (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Junio de 2023

Dedicatoria

Este trabajo fue dedicado a nuestras familias, quienes nos han apoyado en el largo proceso educativo y quienes siempre tienen el deseo inquebrantable de un mejor futuro gracias a nuestra formación, su apoyo nos ha permitido lograr la meta que hoy se está alcanzando.

Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras familias quienes siempre estuvieron a nuestro lado brindando todo su apoyo, amor, comprensión y aliento incondicional. Gracias por ser el soporte durante todos estos años de estudio, Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro. Agradezco también a Dios, por guiarnos cada día y darnos la sabiduría y la perseverancia necesarias para superar los obstáculos y mantenernos siempre enfocadas en el objetivo.

Agradecimiento especial va dirigido al docente y tutor Jaime Darío Restrepo, quien nos brindó su orientación experta, su paciencia y su valioso tiempo para enriquecer este trabajo de grado. Sus conocimientos y consejos han sido fundamentales para el desarrollo y la calidad de este trabajo.

Un especial agradecimiento a María Paula Brand, quien aportó al desarrollo e investigación inicial para el adelanto de este proyecto; a todos ustedes, les dedicamos este trabajo de grado. Sin su valioso apoyo, este logro no habría sido posible. Cada uno de ustedes ha dejado un aporte fundamental en nuestras vidas y estamos infinitamente agradecidas.

¡Gracias por ser parte de este camino y por ser una parte tan significativa de la vida!

Contenido

	Pág.
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	13
Capítulo I	16
1. Planteamiento Del Problema	16
1.1 Descripción Del Problema	16
1.1.1 Contexto	16
1.1.2 Descripción Y Causas Posibles	17
1.2 Pregunta Básica De La Investigación	18
2. Objetivos.....	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3. Justificación	19
Capítulo II.....	21
4. Marco Referencial	21
4.1 Marco Conceptual	21
4.2 Marco Contextual.....	24
4.2.1 Características De Dispositivos Desalinizadores Solares	24
4.2.2 Análisis De Prototipo Con Características Aplicables A Esta Propuesta	26
4.2.3 Formular La Propuesta Para El Desarrollo De Un Dispositivo Desalinizador	28
4.2.3.1 Materiales Base Y Propuestos.	28
4.2.3.2 Especificaciones Del Diseño De Prototipo.	30
4.2.3.3 Realizar propuesta de dibujo técnico para concretar el tamaño y forma del prototipo.....	31
4.3 Marco Legal	31
4.3.1 El Agua Como Derecho Fundamental	32
4.3.2 Agua Limpia Y Saneamiento.....	33
4.2.3 Parámetros Físicoquímicos Y Biológicos.....	34
4.4 Marco Teórico.....	35

Capítulo III.....	37
5. Diseño Metodológico	37
5.1 Eje Temático	37
5.2 Plan De Acción Del Proyecto	37
6. Resultados Y Discusiones	38
6.1 Objetivo Especifico 1.....	38
6.1.1 Métodos De Desalinización	39
6.1.2 Dispositivos De Ósmosis Inversa	40
6.1.2.1 Descripción Y Componentes Clave.....	40
6.1.2.2 Especificaciones Técnicas.	41
6.1.3 Destilación Solar.....	41
6.1.3.1 Detalle Del Proceso Y Aplicación En Dispositivos.....	42
6.1.3.2 Especificaciones Técnicas.	42
6.1.3.3 Tipos De Destilador Solar.....	43
6.1.3.3.1 Ejemplos Y Rendimiento.....	44
6.1.4 Electrodiálisis Y Electrodiálisis Reversible.....	44
6.1.4.1 Especificaciones Técnicas.	45
6.1.4.2 Comparación De Ambas Técnicas.....	45
6.1.5 Métodos Emergentes.....	47
6.1.5.1 Desalinización Por Capacitive Deionization (CDI).....	47
6.1.5.2 Especificaciones Técnicas De Dispositivos CDI.....	47
6.1.5.3 Nanotecnología En Desalinización.....	47
6.1.5.3.1 Propiedades Únicas De Los Nanomateriales.....	48
6.1.5.3.2 Uso De Nanomateriales En Desalinización.....	48
6.1.6 Desarrollos Futuros Y Tendencias.....	49
6.2 Objetivo Especifico 2.....	51
6.3 Objetivo Especifico 3.....	53
7. Conclusiones.....	55
Bibliografía	58

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Prototipos desalinizadores solares</i>	24
Tabla 2 <i>Cuadro de Materiales del Modelo Base</i>	28
Tabla 3 <i>Materiales del Modelo Propuesto</i>	29
Tabla 4 <i>Cuadro comparativo de modelo base y propuesto</i>	29
Tabla 5 <i>Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el control de la calidad del agua apta para consumo humano en Colombia (Ministerio de ambiente, 2007)</i>	34
Tabla 6 <i>Descripción Eje Temático</i>	37
Tabla 7 <i>Descripción Plan De Acción Del Proyecto</i>	37
Tabla 8 <i>Cuadro comparativo especificaciones técnicas de los diversos métodos</i>	49

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Distribución de agua en el planeta</i>	17
Figura 2 <i>Descripción de partes del prototipo HW</i>	26

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1 <i>Diseño propuesto dispositivo desalinizador</i>	65

Resumen

La insuficiencia de agua potable en zonas costeras es una situación de urgencia que surge debido a prácticas inadecuadas de gestión del recurso. El hecho de que solo el 2,5% del agua en el mundo sea dulce, y tan solo el 0,62% esté disponible para el consumo humano en forma de aguas subterráneas y superficiales (Jofre-Meléndez et al., 2015) señala la precariedad del recurso vital. Sin embargo, el crecimiento desenfrenado de la población mundial y la falta de regulación en su uso contribuyen a un consumo desproporcionado, con un aumento creciente en la demanda debido a las actividades como la agricultura, la ganadería y la generación de energía que requieren la captación de agua dulce.

La realidad hoy en día es que muchas poblaciones, en especial en áreas rurales, costeras o de difícil acceso, carecen de agua potable apta para el consumo humano. Ante esta carestía, los habitantes se ven obligados a buscar alternativas como la recolección de aguas pluviales o la captación de fuentes subterráneas y superficiales, a menudo consumiendo el agua sin previo tratamiento de potabilización. Esta situación lleva al consumo de aguas que no cumplen con los estándares sanitarios, lo que acarrea riesgos para la salud de las comunidades.

En este contexto, surge la propuesta de desarrollar un sistema desalinizador solar que satisfaga las necesidades básicas de acceso a agua potable en zonas costeras. Esta iniciativa busca abordar la escasez de agua dulce mediante la implementación de tecnologías sostenibles y eficientes. Para lograrlo, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los prototipos existentes, comparando sus características y diseños para extraer elementos que permitan la creación de un prototipo eficaz y respetuoso con el medio ambiente.

Este proyecto se alinea con la visión de un futuro en el que la desalinización, especialmente la desalinización solar, desempeñe un papel crucial en la garantía de acceso universal al agua potable.

Al reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, la desalinización solar emerge como una solución viable y sostenible. El desarrollo de un sistema desalinizador solar no solo beneficiaría a las poblaciones costeras con dificultades de acceso a agua dulce, sino que también tendría implicaciones más amplias en la lucha contra enfermedades transmitidas por el consumo de agua no tratada y la mejora general de la calidad de vida.

Palabras Claves: *Agua; desalinización; prototipo; zonas costeras.*

Abstract

The insufficiency of drinking water in coastal areas is an urgent situation that arises due to inadequate resource management practices. The fact that only 2.5% of the water in the world is fresh, and only 0.62% is available for human consumption in the form of groundwater and surface water (Jofre-Meléndez et al., 2015) points to the precariousness of the vital resource. However, the unbridled growth of the world's population and the lack of regulation in its use contribute to disproportionate consumption, with a growing increase in demand due to activities such as agriculture, livestock and energy generation that require the uptake of freshwater.

The reality today is that many populations, especially in rural, coastal or hard-to-reach areas, lack potable water suitable for human consumption. Faced with this shortage, the inhabitants are forced to seek alternatives such as rainwater harvesting or the collection of subway and surface sources, often consuming the water without prior treatment. This situation leads to the consumption of water that does not meet sanitary standards, which entails health risks for the communities.

In this context, the proposal arises to develop a solar desalination system to meet the basic needs of access to drinking water in coastal areas. This initiative seeks to address the scarcity of fresh

water through the implementation of sustainable and efficient technologies. To achieve this, an exhaustive analysis of existing prototypes will be carried out, comparing their characteristics and designs to extract elements that will allow the creation of an efficient and environmentally friendly prototype.

This project is aligned with the vision of a future in which desalination, especially solar desalination, plays a crucial role in ensuring universal access to drinking water. By reducing dependence on fossil fuels and minimizing greenhouse gas emissions, solar desalination emerges as a viable and sustainable solution. The development of a solar desalination system would not only benefit coastal populations with difficult access to fresh water, but would also have wider implications in the fight against diseases transmitted by the consumption of untreated water and the overall improvement of quality of life.

Keywords: *Water; desalination; prototype; coastal zones.*

Introducción

El acceso a agua potable segura y de calidad es un derecho humano fundamental crucial para garantizar la salud y bienestar de las poblaciones en todo el mundo. Sin embargo, actualmente, enfrentamos un creciente problema de escasez de agua apta para el consumo humano, especialmente en zonas costeras. La creciente población mundial, que ha superado los 8.000 millones de habitantes, ha aumentado significativamente la demanda de agua potable para cubrir las necesidades básicas y otras actividades diarias.

Esta deficiencia en el suministro de agua potable tiene diversas causas, como el crecimiento desmedido de la población, el uso irracional del agua y la creciente captación de fuentes de agua dulce para actividades como la ganadería, agricultura y generación de energía. A pesar de considerarse el agua un derecho fundamental, muchas comunidades costeras carecen de acceso a agua potable, lo que las lleva a buscar alternativas como la recolección de aguas lluvias o la captación de aguas superficiales sin tratamiento adecuado; Esto tiene consecuencias negativas en la calidad de vida de estas comunidades, ya que el consumo de agua no potable conlleva riesgos para la salud debido a la presencia de contaminantes y patógenos, afectando especialmente a poblaciones vulnerables y contribuyendo a la propagación de enfermedades.

Un dispositivo desalinizador solar que supla las necesidades básicas de acceso al agua potable en zonas costeras es una innovación tecnológica que podría tener un impacto significativo en la calidad de vida de las comunidades que se encuentran en estas áreas. La escasez de agua dulce es un problema global, y las zonas costeras a menudo se ven afectadas por esta situación debido a la falta de fuentes de agua dulce disponibles. La desalinización es el proceso de remover la sal y los minerales del agua de mar para convertirla en agua potable. Sin embargo, los métodos tradicionales de desalinización requieren una gran cantidad de energía y son costosos de

implementar, lo que limita su accesibilidad para muchas comunidades costeras. La introducción de un dispositivo desalinizador solar resolvería estos problemas, ya que aprovecharía la energía del sol para impulsar el proceso de desalinización. Esto no solo reduciría los costos de operación y mantenimiento, sino que también haría que el dispositivo sea más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Además, este dispositivo debería satisfacer las necesidades básicas de agua potable de las comunidades costeras. Esto significa que debe ser capaz de producir suficiente agua potable para las familias. También es importante tener en cuenta la calidad del agua producida, ya que debe cumplir con los estándares de seguridad y salud. Para garantizar la efectividad y la viabilidad de este dispositivo desalinizador solar, es fundamental contar con el apoyo tanto gubernamental como de organizaciones internacionales. Esto implica invertir en la investigación y desarrollo de esta tecnología, así como en la capacitación y educación de las comunidades costeras sobre su uso y mantenimiento adecuados.

Este trabajo tiene como propósito presentar una alternativa que contribuya con el diseño de un prototipo que disminuya la escasez de agua en zonas costeras, mediante la presentación de una propuesta de un sistema desalinizador solar que pueda proporcionar agua potable de forma individual, práctica, rentable y sostenible; Se abordarán aspectos fundamentales sobre el agua como derecho humano, así como los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el acceso a agua limpia y saneamiento. La revisión de la literatura permitirá comprender los avances y desafíos en el campo de la desalinización y las alternativas disponibles en la actualidad.

Para el llevar a cabo el diseño del prototipo se establecieron tres objetivos específicos claves para dar cumplimiento a este proyecto, OE 1: Caracterizar las especificaciones técnicas de diferentes dispositivos de desalinización; OE 2: Clasificar las características aplicables a un dispositivo desalinizador que supla las necesidades básicas para el acceso a agua potable en zonas

costeras; OE 3: Formular la propuesta para el desarrollo de un dispositivo desalinizador, en donde se llevó a cabo la investigación por medio de revisión bibliográfica para determinar las características aplicables para el diseño del dispositivo, teniendo en cuenta el costo en materiales claves, la resistencia de los mismos ante la corrosión, el acceso a los materiales, la practicidad del diseño para su transporte e instalación, todo esto con la finalidad de llevar a cabo un diseño que pueda tomarse como referencia para la construcción del prototipo por parte de cualquier persona que tenga acceso al boquijo, teniendo en cuenta las especificaciones del diseño como la Capacidad de producción de agua y almacenamiento; eficiencia de Desalinización, utilización de fuentes de energía solar, un diseño compacto y portable; Materiales duraderos, resistentes a la corrosión y de fácil acceso; considerando la disminución en el impacto ambiental; y lo más importante la facilidad para su uso, debe ser intuitivo para su funcionamiento que permita a los beneficiarios utilizarlo sin necesidad de contar con conocimientos técnicos.

En conclusión, este proyecto busca abordar de manera innovadoras y sostenibles uno de los desafíos más apremiantes de nuestro tiempo, la escasez de agua potable en zonas costeras, a través de la combinación de un diseño sencillas pero eficientes, nuestro objetivo es proporcionar una solución asequible y sostenible que no solo permita la obtención de agua dulce a partir del agua de mar, sino que también contribuya al cuidado del medio ambiente al reutilizar materiales y utilizar la exposición solar como fuente de energía principal, reduciendo así el impacto ambiental mejorando la calidad de vida de las comunidades beneficiadas y contribuyendo a la protección y preservación de este recurso vital para la humanidad.

Capítulo I

1. Planteamiento Del Problema

Deficiencia en el suministro de agua apta para el consumo humano en zonas costeras.

1.1 Descripción Del Problema

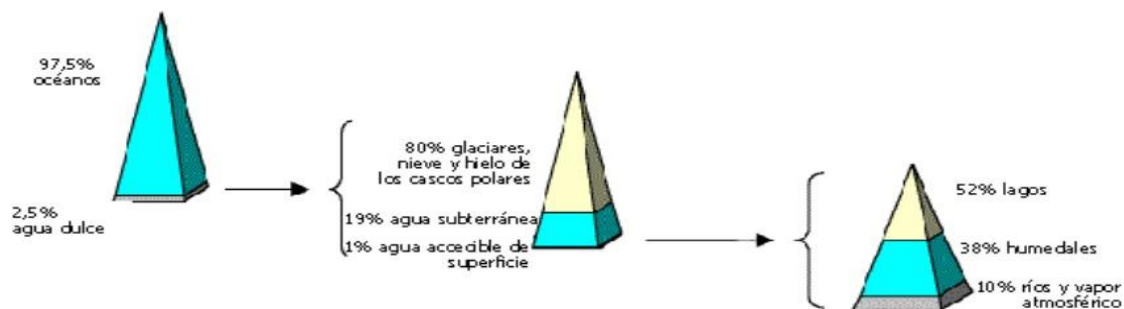
1.1.1 Contexto

Actualmente en el mundo contamos con más de 8.000 millones de habitantes (Pison et al., 2022), lo cual implica un aumento en el consumo de agua potable, no solo para cubrir las necesidades básicas del ser humano, sino para otro tipo de actividades tanto productivas como recreativas y diversas que se llevan a cabo en la cotidianidad, lo cual genera un aumento en el gasto de un recurso que es limitado y con una baja producción debido a la tala de árboles y a las toneladas de contaminación que generamos en el día a día como especie.

Como lo menciona Cirelli & Du Mortier (2005, p.17):

El 70% de la superficie mundial está cubierto por agua, pero el 97,5% del agua se encuentra en mares y océanos, es decir, es agua salada. La mayor concentración de agua dulce se encuentra congelada en los casquetes polares (2,0%) y en el agua subterránea almacenada hasta los 1.000 m de profundidad (0,5%) superando el agua fácilmente accesible de lagos y ríos del mundo. La distribución del agua se muestra en la figura 1. (p.17).

Como se puede evidenciar en la Figura 1 el 97,5% pertenece a agua en los océanos, pero debido a su alta composición salina esta no puede ser consumida sin antes tratarse mediante un proceso de desalinización.

Figura 1*Distribución de agua en el planeta*

Fuente: tomado de (Cirelli & Du Mortier, 2005, p.17)

1.1.2 Descripción Y Causas Posibles

Debido a las malas prácticas la cantidad de agua potable cada vez es menor, si tomamos como base que a nivel mundial solo el 2,5 % es agua dulce y “sólo el 0.62% está disponible para el consumo humano que es agua subterránea y superficial” (Jofre-Meléndez et al., 2015); pero el crecimiento desmedido de la población mundial y la falta de racionalización para la cual es utilizada evidencia un consumo desproporcional, adicional a que la captación en las fuentes de agua dulce va en aumento para la realización de otro tipo de actividades, como lo son la ganadería, agricultura y generación de energías.

A pesar de que el agua se encuentra enmarcado por los gobiernos como un “derecho fundamental, por lo cual se debe garantizar su acceso para el uso de toda la población”. (Márquez Fernández & Ortega Márquez, 2017), estos no garantizan que la totalidad de sus poblaciones cuenten con acceso a agua potable apta para el consumo humano, en especial en aquellas zonas rurales, costeras o con difícil acceso, lo que lleva en la mayoría de los casos a sus pobladores a buscar alternativas en la captación del agua utilizando métodos como la recolección de aguas lluvias, captación por medio de fuentes subterráneas o aguas superficiales (ríos, quebradas,

nacimientos de agua) y en la mayoría de los casos consumiendo esta sin ningún tratamiento de potabilización previo, (definidas como aguas inviábiles para el consumo humano desde el punto de vista sanitario), a causa de esto se aleja a las comunidades de tener una buena calidad de vida y se convierten en población altamente vulnerable, debido a que el agua sin tratar trae consigo efectos tóxicos de algunos componentes contaminantes; pesticidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, metales pesados, algas nocivas y patógenos para el hombre, entre otros.

Las diferentes dificultades para acceder al agua en óptimas condiciones para el consumo humano generan la vulnerabilidad y propagación de enfermedades como lo es la Hepatitis A, Amebiasis o disentería amebiana, Leptospirosis, áscaris lumbricoide, entre otras tantas; “se calcula que en el mundo en desarrollo el 80% de las enfermedades se debe al consumo de agua no potable y a las malas condiciones sanitarias” (Córdoba et al., 2010). Se hace necesario buscar alternativas con el fin de contribuir en la solución a la problemática hídrica, que pueda cubrir la demanda no satisfecha de las poblaciones costeras, las cuales viven muy cerca de cuerpos de agua saladas, pero no poseen una disponibilidad real del recurso hídrico consumible.

1.2 Pregunta Básica De La Investigación

¿Qué impacto tendría un sistema desalinizador solar que supla las necesidades básicas de acceso a agua potable en zonas costeras?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Proponer un sistema desalinizador solar que supla las necesidades básicas para el acceso a agua potable en zonas costeras.

2.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar las especificaciones técnicas de diferentes dispositivos de desalinización.
2. Clasificar las características aplicables a un dispositivo desalinizador que supla las necesidades básicas para el acceso a agua potable en zonas costeras.
3. Formular la propuesta para el desarrollo de un dispositivo desalinizador.

3. Justificación

El hombre como especie busca continuamente la forma de adaptarse a su entorno, esto lo lleva a buscar alternativas innovadoras o mejoradas para suplir sus necesidades básicas, el agua como fuente vital para la vida es una de estas constantes pesquisas, pero con la dificultad que como humanos solo podemos consumir agua siempre y cuando cuente con unas condiciones mínimas requeridas; vivimos en un mundo en donde el 70 % de su cobertura es de agua, pero desafortunada o afortunadamente el 97,5% tiene una composición salina; con el crecimiento de la población a un ritmo tres veces mayor al siglo pasado trayendo consigo consecuencias y limitaciones en los recursos hídricos, se pretende presentar una posible solución a esta problemática, contribuyendo con el desarrollo de la ciencia y la investigación por sus aportes metodológicos para el tratamiento del aguas salobres mediante el uso de procesos fisicoquímicos, trayendo consigo beneficios a las comunidades con limitaciones al acceso de agua dulce.

“” (Bianchelli et al., 2022); El rediseño de un prototipo de desalinización Más de mil millones de personas aún no tienen acceso a agua dulce y se espera que el uso de la desalinización sea uno de los enfoques más sostenibles para la producción de agua según el Objetivo de Desarrollo Sostenible de la ONU permitirán desplegar propuestas para resolver problemas sociales como pobreza extrema y enfermedades transmitidas por el consumo de aguas contaminadas.

Se debe señalar que a nivel mundial existen diferentes tipos de diseños y plantas de tratamiento de agua; en cuanto a plantas desalinizadoras su implementación se ha materializado a gran escala, abarcando amplias extensiones de tierra para la operación, con el rediseño de este prototipo se pretende llegar a cada hogar de manera individual, buscando un modelo practico, rentable y sustentable, que logre suplir las necesidades básicas de las familias para obtener el insumo agua, permitiendo la preparación de sus alimentos y consumo diario de líquido vital.

Capítulo II

4. Marco Referencial

4.1 Marco Conceptual

La humanidad se ha desarrollado de acuerdo con el aumento exponencial de la población y la expansión por las diferentes zonas en el mundo. El desarrollo trae consigo explotación en masa de commodities, los cuales son fundamentales para los procesos de manufactura de bienes y estos resultan importantes para el progreso de las sociedades. El agua dulce es un recurso natural que al ser indispensable para la fabricación de los diferentes elementos que la humanidad usa en su diario vivir resulta ser limitado; con menos de un 3% de la totalidad del agua dulce en el planeta (Hassan & Awad, 2023a) El agua salada representa un 97,5% (Lechuga et al., 2007) del agua en el mundo (Lechuga et al., 2007) de la cual se puede aprovechar aproximadamente el 0.8 % que está descongelada (Wong & Pecora, 2015) y con base a la limitada cantidad de agua dulce y la creciente demanda de este recurso, el agua de mar es una opción para obtener agua dulce a través de ciertos procesos fisicoquímicos como la desalinización, la cual consiste en retirar las sales y otros minerales que se encuentran solubles en el agua. Actualmente, existen múltiples métodos comerciales para extraer agua potable de los mares, los más destacados son los de tecnología térmica y de membrana, el primero utiliza el calor para evaporar el agua y a través de la condensación se obtiene el agua dulce, mientras que los de tecnología de membrana retienen los distintos elementos como sales y minerales ejerciendo presión del agua sobre membranas finas (Hassan & Awad, 2023b). No obstante, la mayoría de estos métodos que se llevan a cabo a gran escala dependen en gran medida de combustibles fósiles y son generadores de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que repercute en el cambio climático. Por consiguiente, es importante integrar fuentes energéticas renovables para los procesos de desalinización.

Un ejemplo propio de esta dinámica es la desalinización térmica que mediante la luz solar irradia calor y evapora el agua salobre, condensa el agua dulce y separa los minerales en forma de precipitado sin llevar a cabo combustión u otro proceso nocivo con el medio ambiente.

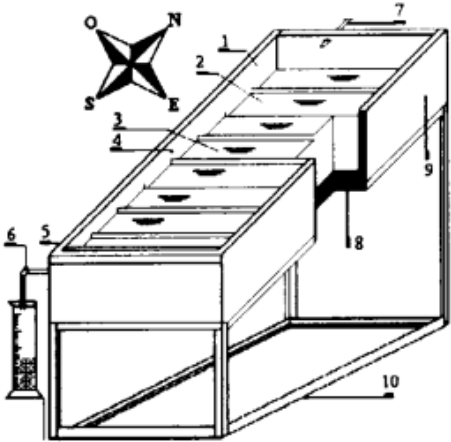
4.2 Marco Contextual

4.2.1 Características De Dispositivos Desalinizadores Solares

En la Tabla 1 se muestra un comparativo de algunos prototipos desalinizadores solares donde se describen sus características y diseños.

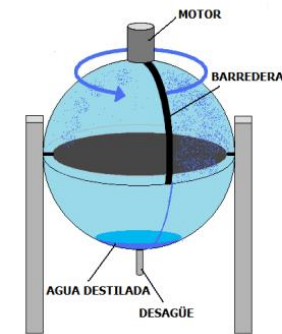
Tabla 1

Prototipos desalinizadores solares

Prototipo solar	Descripción	Característica	Diseño / Fuente
Destilador solar de cascada	<p>Se trata de un destilador de cascadas el cual funciona como evaporador y destilador. Está formado por una superficie adsorbente (3) en acero galvanizado formado por nueve escalones idénticos.</p> <p>Esta superficie contiene la carga de agua salobre a destilar (2), el prototipo se cubre con una cubierta transparente (1) de vidrio. El sistema está aislado térmicamente por un recubrimiento de poliestireno y en la parte posterior con lana de vidrio (8). El prototipo cuenta con unos orificios que se conectan a través de una ranura. En el primer orificio ingresa al destilador el agua salada (7), el segundo contiene el destilado (6) y el tercero controla el nivel de agua cuando el recipiente esté lleno (5).</p>	Permite alta acumulación de calor.	 <p>(Khelif & Touati, 2000)</p>

Destilador solar esférico Este prototipo cuenta con la ventaja de tener una forma esférica lo que permite mayor incidencia de los rayos del sol y a su vez, permite mediante un limpia vidrios recolectar el agua impregnada en la esfera con la acción de un motor.

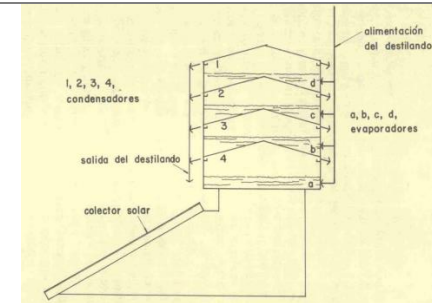
Diseño más complejo de construir y el más eficiente.



(Diego & Molina Ramirez, 2020)

Destilador solar Multi-efecto Mediante la disposición de bandejas en serie, la evaporación ocurre transfiriendo el calor de bandeja en bandeja para obtener un proceso más óptimo y eficiente.

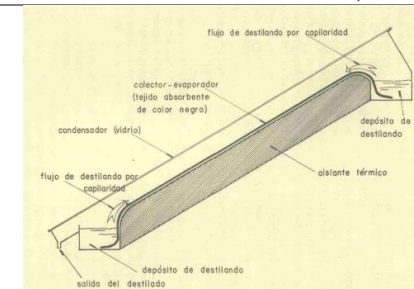
Utiliza el calor residual de la evaporación para continuar con el proceso sin disipar al medio ambiente el calor logrado.



(Hermosillo-Villalobos & Juan J, 1989)

Destilador solar con evaporador de tela El método consiste en humedecer una tela negra, la cual por su albedo más bajo concentra mayor calor y por capilaridad la tela adsorbe el líquido a destilar. El prototipo cuenta con una cubierta de vidrio que contiene el destilado y por gravedad lo deposita al final de la pendiente de la cubierta.

Se evita el uso de bandejas y compartimientos.



(Hermosillo-Villalobos & Juan J, 1989)

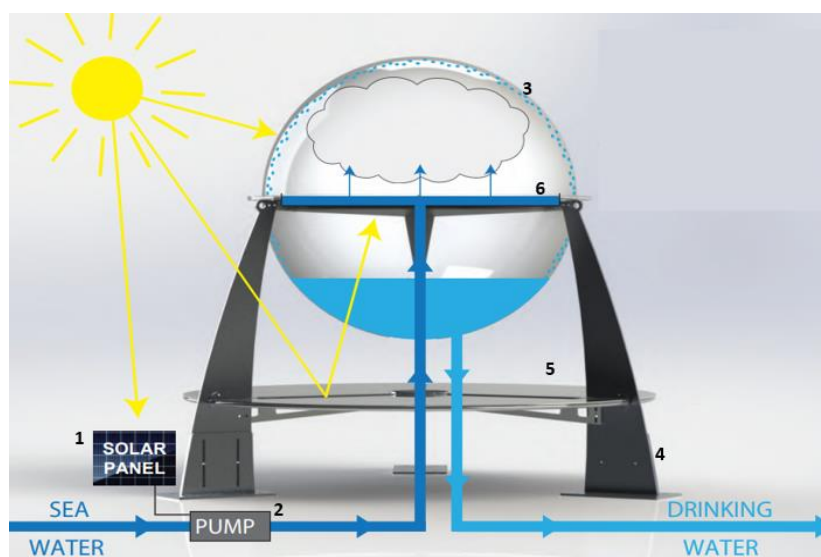
4.2.2 Análisis De Prototipo Con Características Aplicables A Esta Propuesta

En la revisión bibliográfica efectuada se analizaron diversas propuestas de dispositivos que ofrecían diferentes eficiencias de destilación que estaban determinadas por su diseño particular. Se constató que el destilador solar esférico a pesar de ser el más complejo de construir, resulta ser el más eficiente en producción de agua destilada debido a la incidencia uniforme de la luz solar sobre la geometría esférica del prototipo (Diego & Molina Ramirez, 2020).

Entre los dispositivos desalinizadores esféricos comerciales se destaca un diseño futurista llamado “Helio Water”. Este desalinizador hace parte de la compañía francesa de ingeniería Marine Tech con gran experiencia en el desarrollo de tecnología marina, la compañía a su vez tiene una visión humana y sus alcances tecnológicos son enfocados en mejorar la calidad de vida de las comunidades con carencias específicas en donde la compañía pueda abordar (Marine Tech, 2020). En la Figura 2 se puede visualizar un prototipo Helio Walter (HW).

Figura 2

Descripción de partes del prototipo HW



Fuente: (Reeves, n.d.)

A continuación, se enumeran sus partes:

1. Panel solar
2. Bomba de diafragma
3. Domo acrílico
4. Soporte metálico de acero inoxidable
5. Espejo
6. Bandeja de evaporación

El dispositivo trabaja bajo el principio de destilación y el ingreso del agua ocurre mediante un sistema de bombeo alimentado energéticamente por medio de un panel solar, el agua ingresa a la bandeja de evaporación y por acción del calor transmitido por la luz solar que ingresa a través del acrílico se evapora el agua de mar y ésta se condensa en la superficie acrílica interna y se recolecta en la parte inferior de la esfera, por gravedad el agua producida se conduce a través del conducto de salida. El dispositivo tiene una tasa de destilado de 10 litros por día aproximadamente y se puede integrar varios dispositivos con el fin de configurar una granja para mayor producción de agua (Marine Tech, 2020).

El dispositivo Helio Water contempla una propuesta interesante para su aplicación, sin embargo, algunas características propias del diseño como el sistema de bombeo hacen que su fabricación sea costosa y su operación más compleja. Por lo anterior, se propone modificar este dispositivo comercial con el fin de ajustar la idea existente a un concepto más económico y fácilmente operable.

4.2.3 Formular La Propuesta Para El Desarrollo De Un Dispositivo Desalinizador

4.2.3.1 Materiales Base Y Propuestos.

A través del análisis exhaustivo de diversos dispositivos desalinizadores existentes, hemos identificado un diseño futurista prominente en el mercado, conocido como "Helio Water". Este dispositivo se destaca por su enfoque esférico y su eficiencia en la desalinización. Tomando esta referencia como punto de partida, hemos diseñado un prototipo adaptado para suplir las necesidades básicas de acceso a agua potable en zonas costeras. En las Tablas 2 a 4, se detallan los materiales seleccionados para la construcción del prototipo, considerando tantos elementos del modelo base como de la propuesta innovadora:

Tabla 2

Cuadro de Materiales del Modelo Base

Componente	Razones
Panel Solar	El panel solar está compuesto por células fotovoltaicas que convierten la radiación solar en energía eléctrica. Se utiliza para generar la energía necesaria para el sistema.
Bomba Diafragma	Utilizada para el transporte del agua a través del sistema, lo cual es esencial para el proceso de desalinización.
Domo Acrílico	El domo acrílico es transparente y resistente, permitiendo el paso de la radiación solar mientras protege los componentes internos del sistema desalinizador.
Soporte Metálico	El acero inoxidable se utiliza por su durabilidad y resistencia a la corrosión, proporcionando un soporte sólido para los componentes del sistema.
Espejo	El espejo refleja la radiación solar hacia el panel solar, aumentando la cantidad de energía generada y, por lo tanto, la eficiencia del sistema.
Bandeja de Evaporación	La bandeja de evaporación recolecta el agua evaporada durante el proceso de desalinización. Su material es resistente al agua salina y debe ser apto para contenerla.

Nota: Elaboración propia con información de (Cárdenas, 2012)

Tabla 3*Materiales del Modelo Propuesto*

Componente	Razones
Domo Acrílico	Se mantiene para conservar su función de protección y paso de radiación solar hacia los componentes internos del sistema.
Botellón de Agua Reciclado	El uso de un botellón reciclado promueve la reutilización de materiales, reduciendo la necesidad de nuevos recursos y fomentando la sostenibilidad del prototipo.
Espejo	Mantenido para continuar reflejando la radiación solar hacia el panel solar y aumentar la generación de energía.
Mangueras	Las mangueras se mantienen para el transporte de agua en diferentes etapas del proceso de desalinización.
Soporte de Esfera en Plástico Reciclado	Se reemplaza el soporte metálico por uno hecho de plástico reciclado, reduciendo la huella ambiental y promoviendo la sostenibilidad del prototipo.
Bandeja de Evaporación	Mantenida para la recolección de agua evaporada durante el proceso de desalinización.
Soporte para el Botellón	Se introduce para sostener el botellón de agua reciclado, asegurando su estabilidad dentro del sistema y evitando su movimiento indeseado.

Nota: elaboración propia con información de (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019)

Tabla 4*Cuadro comparativo de modelo base y propuesto*

Aspecto	Modelo Base	Modelo Propuesto
Bomba Diafragma	Dispositivo para bombeo del agua.	Se reemplaza por la implementación de un soporte y botellón de agua instaurado a una altura superior al nivel de la bandeja
Domo Acrílico	Estructura transparente de protección.	Mantenido para permitir paso de radiación solar y proteger componentes.
Soporte Metálico	Estructura de acero inoxidable para sostener.	Reemplazado por soporte de esfera en plástico reciclado para sostenibilidad.
Espejo	Refleja radiación solar hacia el panel.	Mantenido para maximizar eficiencia del sistema.
Bandeja de Evaporación	Recoge agua evaporada.	Mantenido para recolectar agua evaporada durante desalinización.
Botellón de Agua	No presente en el modelo base.	Incorporado como depósito reciclado para agua salina

Mangueras	Utilizadas para transporte de agua.	Mantenidas para el flujo del agua en el sistema.
Soporte de Esfera	No presente en el modelo base.	Introducido como reemplazo sostenible al soporte metálico.

Nota: elaboración propia

4.2.3.2 Especificaciones Del Diseño De Prototipo.

Capacidad de producción de agua y almacenamiento: el dispositivo debe contar con una capacidad de producción y almacenamiento de 10 litros de agua por día.

Eficiencia de Desalinización: El prototipo deberá tener la capacidad de eliminar los minerales y sales del agua de mar por lo menos en un 95%.

Fuente de energía solar: Como fuente de alimentación para para la destilación del agua se utiliza la energía solar, la cual penetra directamente en el domo acrílico aprovechando su forma para la captación de la mayor cantidad de luz solar.

Diseño compacto y portable: El prototipo debe ser de fácil traslado he instalación debido ya sé que pretende llegar a comunidades costeras de difícil acceso, permitiendo satisfacer su necesidad de acceso a agua potable sin las dificultades de montajes en infraestructuras complejas.

Materiales duraderos, resistentes a la corrosión y de fácil acceso: Debido a que se pretende que su utilización se genere en zonas costeras este debe contar con materiales resistentes a la corrosión como se menciona inicialmente se pretende utilizar maderas plásticas para la elaboración de la base, debido a que este es un material, económico, liviano y anticorrosivo, acrílico en el domo de almacenamiento y materiales reciclables de fácil acceso y de bajo costo que permita reemplazar las partes que se van deteriorando con el tiempo.

Disminución en el impacto ambiental: Con este dispositivo se pretende impactar el cuidado del medio ambiente de varias formas, una de estas es la utilización de plásticos reciclados para la fabricación de algunas de sus partes, y la eliminación del sistema de bombeo por medio de panes

solares ya que, si bien este tipo de energías no utilizan combustibles fósiles, si se genera una problemática al momento de la disposición final del mismo cuando este finaliza su vida útil.

Facilidad para su uso: el prototipo debe ser intuitivo para su funcionamiento que permita a los beneficiarios utilizarlo sin necesidad de contar con conocimientos técnicos.

4.2.3.3 Realizar propuesta de dibujo técnico para concretar el tamaño y forma del prototipo.

Ver Anexo 1

4.3 Marco Legal

A nivel mundial los países y sus líderes políticos se han preocupado por la limitación entorno al acceso de agua potable, en especial para aquellas comunidades vulnerables y afectadas por la pobreza, ya que esto trae consigo consecuencias a sus pobladores tanto a nivel económico como social, debido a las enfermedades que se ocasionan por el consumo de aguas que no cuentan con los parámetros mínimo para su ingesta, es por esto que a nivel legal se han desarrollado un conjunto de normas y manuales así como los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) agenda 2030, en donde en su objetivo 6 establece “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (ONU, 2016) ,La ONU como garante de la protección de los derechos humanos determino de igual manera que ” El agua es un recurso natural limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud. El derecho humano al agua es indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos” (ONU, 2003) de esta manera lo hace saber en la sesión 29, Ginebra 2022, mediante el documento” Cuestiones sustantivas que plantean en la aplicación del pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales” (ONU, 2003), de igual manera a continuación se citan algunas de las normas vigentes

tanto a nivel nacional como internacional entorno a: el agua como derecho fundamental y sus condiciones mínimas requeridas para el consumo humano.

- a. “Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010, 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento”.
- b. Constitución política de Colombia, Artículo 366: “Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable”. (Constitución Política de Colombia, 1991)
- c. “Decreto Único Reglamentario 780 de 2016; por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. (Decreto 780 de 2016, 2016)
- d. “Resolución 2115 de 2007: Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”. (Resolución 2115, 2007)
- e. “Ley 99 de 1993 - Ley General Ambiental: Establece el marco normativo para la gestión ambiental en Colombia, incluyendo la protección, conservación y uso sostenible del agua”.(Ley 99 de 1993, 1993).

4.3.1 El Agua Como Derecho Fundamental

El presente y el futuro de la naturaleza y la humanidad radican de la cuantía de agua que como ciudadanos hoy seamos capaces de proteger y garantizar en el largo plazo de la existencia sobre el planeta (Gutiérrez Rodrigo, 2007). Esta preocupación recae sobre las administraciones publicas de cualquier territorio político y es responsabilidad de la academia lograr resultados que permitan cobrar conciencia que el recurso hídrico es escaso por la recurrente contaminación a los cuerpos superficiales, el encarecimiento del agua potable, la inequidad en la distribución del agua

en el mundo y la sobre explotación de los recursos que acaban con la disponibilidad del líquido preciado. Por todo lo anterior ha hecho prender las alarmas de todas las organizaciones internacionales como por ejemplo la declaración de Mar de Plata en 1977, que por primera vez se reconoció a escala mundial el derecho de todas las personas a tener acceso al agua potable en cantidad suficiente y distingue el agua como derecho fundamental. Desde ese entonces se han creado más alianzas internacionales y patos que reúnen políticas de protección para que este derecho fundamental sea materializado como por ejemplo el pacto internacional de los derechos económicos, sociales y culturales (PIDESC) ((Gutiérrez Rodrigo, 2007). Entre los derechos protegidos por el pacto destacan el derecho a un nivel de vida adecuado que reconoce el derecho a la vivienda, el derecho a la alimentación, el derecho al agua, el derecho al vestido, así como el derecho a la salud y a la educación (Riva & Lavín, 2015).

4.3.2 Agua Limpia y Saneamiento

En la 70ª Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 y tras la firma de más de 190 jefes de gobierno de todo el mundo, se ha dado un acuerdo denominado *los objetivos de desarrollo del milenio*. Estos 17 objetivos promulgan el desarrollo de la humanidad como meta final para el año 2030, estos objetivos abordan inquietudes cruciales para la humanidad como es acabar con la pobreza extrema y parar la degradación ambiental (Gil, 2017)

El agua limpia y saneamiento es el sexto objetivo de la agenda, el cual garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. La mesa de trabajo de las naciones unidas afirma que bajo los principios: 1) separar el agua potable de las aguas residuales; 2) facilitar el acceso al agua potable y tratarla para eliminar contaminantes químicos y biológicos; 3) proteger y recuperar los ecosistemas de agua dulce; y 4) salvaguardar el acceso al agua y el derecho al uso del agua, se puede dar cumplimiento al sexto objetivo (Azmanajaya et al.,

2020). Estas actividades se ajustan a la presente investigación, no obstante, la numero 2 y 4, ya que el dispositivo desalinizador propuesto facilitará que en los hogares obtengan agua potable sin necesidad de un desplazamiento importante que implique la deserción escolar y la vulnerabilidad de las personas ante potenciales peligros, avalando con este prototipo una calidad de agua potable apta para consumo humano y garantizando así el acceso y el derecho a este recurso como derecho fundamental.

4.2.3 Parámetros Físicoquímicos y Biológicos

En la actualidad no existe una normativa legal que contemple el cumplimiento de parámetros fisicoquímicos y biológicos a nivel universal; cada gobierno tiene bajo su liderazgo y criterio el desarrollo de normativas e instrumentos jurídicos que les brindan control de la calidad de agua apta para consumo humano en las poblaciones, ciudades o asentamientos poblados donde se llevan a cabo procesos de tratamiento de agua superficial.

En la Tabla 5 se relacionan los parámetros de mayor relevancia y control en el monitoreo de la calidad de agua:

Tabla 5

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el control de la calidad del agua apta para consumo humano en Colombia (Ministerio de ambiente, 2007).

características Físicas	Valor máximo Aceptable
Color aparente	15
Olor y sabor	Aceptable
Turbiedad	2
características Químicas	Valor máximo Aceptable
Cloro residual	0.3 - 2.0
pH	6.5 - 9.0
Carbono Orgánico Total	5-0
Nitritos	0.1
Nitratos	10
Alcalinidad Total	200

Cloruros	250
Aluminio	0.2
Dureza total	300
Hierro total	0.3
Manganeso	0.1
Sulfatos	250
Mercurio	0.001
Cianuro libre y disociable	0,05
Características Microbiológicas	Valor máximo Aceptable
Coliformes totales	0 UFC/100 cm ³
Coliformes fecales	0 UFC/100 cm ³
Escherichia coli	0 UFC/100 cm ³
Mesófilos	≤ UFC/100 cm ³

Los rangos descritos en la tabla 5 hacen alusión a normativa colombiana, si bien el dispositivo se pretende enfocar de forma global para que cualquier familia o asentamiento social situado en zonas costeras con difícil acceso al agua potable lo pueda utilizar, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos son similares en cualquier lugar del mundo.

4.4 Marco Teórico

Para contribuir a la investigación en rediseño de un prototipo desalinizador que podría ser implementado en las comunidades con ausencia de agua dulce, es fundamental hablar de la integración de fuentes energéticas renovables en el proceso de desalinización, este es un proceso que está tomando fuerza en los últimos años; y es que debemos fortalecer la utilización de técnicas amigables con el medio ambiente y que nos ayuden a mitigar el impacto que como hombres le estamos generando al planeta, temas concernientes a la desalinización son y serán de gran importancia en las décadas siguientes, pero estos métodos de desalinización pueden ser aplicados no solo a grandes escalas poniendo como ejemplo las plantas desoladoras, sino también a unas escalas más reducidos con procesos sencillos de destilación, ya que por medio de destilación simple se pueden separar los componentes del agua salada.

Una alternativa prometedora es el prototipo desalinizador solar esférico, que utiliza la luz solar para evaporar el agua salobre y condensarla como agua dulce, sin causar impacto ambiental negativo, como se ha mencionado anteriormente el proceso consiste en la purificación del agua por medio de la exposición a la luz solar en donde se genera la separación de sus componentes, esta técnica se basa fundamentalmente en el sometimiento del agua a la luz solar para su evaporación y separación de la sal, en donde la temperatura aumenta hasta que el agua alcance su punto de ebullición generando la evaporación del agua, mientras que la sal permease almacenada en la bandeja que contenía el líquido, a continuación los vapores se dirigen hacia un condensador que los enfría y los pasa a estado líquido.

Como fuente de energía principal se pretende usar la energía solar, la cual es una forma renovable de energía, obtenida de la transformación de la radiación electromagnética que proviene del Sol, cada día se busca nuevas alternativas para su recolección y almacenamiento como lo es la utilización de paneles fotovoltaicos o distintos tipos de colectores térmicos. Uno de los objetivos de esta propuesta consiste en hacer el dispositivo a desarrollar económicamente sustentable, por tanto, no se pretende utilizar ningún tipo de colector térmico, sino aprovechar la radiación solar directa con la finalidad de calentar el agua.

La desalinización del agua de mar a través de la utilización de la energía solar por medio de un prototipo desalinizador solar esférico puede ser una solución para garantizar el acceso a agua potable de calidad en las zonas costeras, el enfoque en el desarrollo y utilización de tecnologías limpias, sostenibles y con materias primas de fácil acceso es la clave para asegurar en un futuro se cuente con alternativas para la obtención de agua apta para el consumo humano y se garantice un derecho universalmente protegido.

Capítulo III

5. Diseño Metodológico

5.1 Eje Temático

Tabla 6

Descripción Eje Temático

Programa	Línea de investigación institucional	Sublínea de investigación	Temática
Especialización en gerencia de proyectos	El proyecto se integra a la línea de investigación de gestión social, participación y desarrollo comunitario del programa de Gerencia de proyectos	Gerencia social y comunitaria	Planificación del desarrollo social y la sostenibilidad Sostenibilidad social y ambiental Metodología de proyectos sociales y de innovación

5.2 Plan de Acción del Proyecto

Tabla 7

Descripción Plan De Acción Del Proyecto

Objetivos	Actividad	Fuentes	Técnicas	Resultados
1. Caracterizar las especificaciones técnicas diferentes dispositivos de desalinización	1. Revisión bibliográfica diferentes dispositivos desarrollados para la desalinización del agua	Bases de datos UNIMINUTO	Revisión bibliográfica	Esta actividad se desarrolló en el numeral 4.2.1
2. Clasificar las características aplicables a un dispositivo desalinizador que	2. Catalogar las características existentes de los dispositivos seleccionados y sus desalinizadores	Bases de datos UNIMINUTO	Revisión bibliográfica	Esta actividad se desarrolló en el numeral 4.2.2

supla las funciones aplicables para necesidades básicas para el acceso a agua potable en zonas costeras.	3. Seleccionar el modelo acorde a las características aplicables a la propuesta de diseño del dispositivo desalinizador					
3. Formular la propuesta para el desarrollo de un dispositivo desalinizador	4. Definir materiales para la elaboración del prototipo	Equipo de trabajo	de	Software de Diseño Sketchup	de	Esta actividad se desarrolló en el numeral 4.2.3.1
	5. Presentar las especificaciones del diseño de prototipo	Equipo de trabajo	de	Software de Diseño Sketchup	de	Esta actividad se desarrolló en el numeral 4.2.3.2
	6. Realizar propuesta de dibujo técnico para concretar el tamaño y forma del prototipo	Equipo de trabajo	de	Software de Diseño Sketchup	de	Esta actividad se desarrolló en el numeral 4.2.3.3

6. Resultados y Discusiones

6.1 Objetivo Especifico 1

Caracterizar las especificaciones técnicas de diferentes dispositivos de desalinización.

Resultados

La creciente demanda de agua potable en todo el mundo, especialmente en regiones costeras donde los recursos hídricos dulces son escasos, ha llevado a una mayor atención y desarrollo de métodos de desalinización como una solución para suplir esta necesidad crucial. La desalinización se refiere al proceso de eliminar la sal y otros minerales del agua de mar o agua salobre, transformándola en agua potable apta para el consumo humano y otros usos. Esta tecnología se ha convertido en un pilar fundamental para garantizar el acceso sostenible al agua en zonas donde la escasez hídrica es un desafío constante (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).

6.1.1 Métodos de Desalinización

Los métodos de desalinización varían en términos de procesos físicos y químicos utilizados para separar la sal del agua salada. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del método depende de factores como la disponibilidad de recursos, la ubicación geográfica y los costos asociados. A continuación, se describen los principales métodos de desalinización utilizados en la actualidad:

- a. **Ósmosis Inversa (OI):** La ósmosis inversa es uno de los métodos más comunes y efectivos de desalinización. En este proceso, el agua se fuerza a pasar a través de una membrana semipermeable que retiene las sales y otros contaminantes, permitiendo que solo el agua purificada pase al otro lado. La presión aplicada debe superar la presión osmótica para impulsar este flujo. La OI es altamente eficiente en términos de producción de agua potable de alta calidad y se utiliza tanto en aplicaciones industriales como domésticas (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).
- b. **Destilación:** La destilación es uno de los métodos más antiguos de desalinización. Implica calentar el agua salada para convertirla en vapor y luego enfriar ese vapor para condensarlo en agua purificada. La destilación puede ser impulsada por energía solar, térmica o eléctrica. Aunque es energéticamente intensiva, la destilación es efectiva en la eliminación de contaminantes y se utiliza en áreas donde el acceso a fuentes de energía puede ser limitado (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).
- c. **Electrodialisis (ED) y Electrodialisis Reversible (EDR):** La electrodialisis implica la separación de iones a través de membranas cargadas eléctricamente bajo la influencia de un campo eléctrico. La electrodialisis reversible, una variante de ED, utiliza membranas de intercambio catiónico y aniónico alternativamente para mantener un equilibrio iónico.

Estos métodos son conocidos por su eficiencia en la eliminación de iones específicos y son particularmente útiles en el tratamiento de aguas salobres o aguas con alta concentración de sales (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).

- d. **Métodos Emergentes:** Junto a los métodos tradicionales, están surgiendo enfoques innovadores en el campo de la desalinización. Estos incluyen la Capacitive Deionization (CDI), que utiliza electrodos para adsorber iones, y el uso de nanotecnología para crear membranas altamente selectivas. Si bien estos métodos están en una etapa de desarrollo, ofrecen prometedores avances en la eficiencia y la sostenibilidad de la desalinización (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).

6.1.2 Dispositivos de Ósmosis Inversa

La ósmosis inversa (OI) es una tecnología ampliamente adoptada para la desalinización y purificación de agua. En los dispositivos de OI, el agua salada se fuerza a pasar a través de una membrana semipermeable que retiene los iones y las moléculas de sal, dejando atrás el agua purificada. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de estos dispositivos.

6.1.2.1 Descripción y Componentes Clave.

Los dispositivos de OI están compuestos por varios componentes clave:

- a. **Membrana Semipermeable:** La membrana es el corazón del proceso. Seleccionada cuidadosamente para permitir el paso de moléculas de agua mientras retiene sales y otros contaminantes (Fajardo, 2018).
- b. **Bomba de Alta Presión:** Necesaria para generar la presión suficiente para forzar el agua a través de la membrana semipermeable (Fajardo, 2018).
- c. **Pretratamiento:** Incluye la eliminación de partículas grandes, sedimentos y otras impurezas antes de que el agua ingrese al sistema de OI (Fajardo, 2018).

- d. Pos-tratamiento: Se utiliza para ajustar el pH y acondicionar el agua purificada antes de su consumo (Fajardo, 2018).

6.1.2.2 Especificaciones Técnicas.

- a. Capacidad de producción: Los dispositivos de OI varían en capacidad, desde sistemas domésticos de pequeña escala hasta instalaciones industriales de gran capacidad. Las capacidades pueden oscilar desde unos pocos litros por día hasta miles de metros cúbicos por día (Valdivieso, 2021).
- b. Presión de operación: La ósmosis inversa requiere altas presiones para superar la presión osmótica natural del agua salada. Las presiones pueden variar ampliamente, generalmente entre 5 y 80 bar (72.5 - 1160 psi) según el diseño y las características del agua de alimentación (Valdivieso, 2021).
- c. Eficiencia energética: La eficiencia energética es crítica en los dispositivos de OI debido a las altas presiones requeridas. Se mide en términos de energía por metro cúbico de agua desalinizada (kWh/m³). Las mejoras en las membranas y sistemas de recuperación de energía han reducido significativamente este consumo (Valdivieso, 2021).
- d. Tipos de membranas utilizadas: Existen diversos tipos de membranas utilizadas en OI, como las membranas de película fina en espiral y las membranas de fibra hueca. La elección de la membrana depende de factores como la concentración de sales y la calidad del agua de alimentación (Valdivieso, 2021).

6.1.3 Destilación Solar

La destilación solar es un método de desalinización que aprovecha la energía solar para separar el agua de mar en sus componentes puros, dejando atrás la sal y otros contaminantes.

Este proceso se basa en el ciclo de evaporación y condensación, donde el agua salada se evapora mediante la exposición a la radiación solar y luego se condensa en agua purificada al enfriarse.

6.1.3.1 Detalle Del Proceso y Aplicación En Dispositivos.

- a. Proceso de evaporación: En un dispositivo de destilación solar, el agua salada se coloca en una superficie de evaporación expuesta a la radiación solar. A medida que el agua se calienta, comienza a evaporarse, dejando atrás las sales y otras impurezas (Gomez, 2018).
- b. Proceso de condensación: El vapor de agua evaporado se condensa en una superficie de condensación, que suele ser más fría. Al enfriarse, el vapor se convierte nuevamente en agua purificada, libre de sales y contaminantes (Gomez, 2018).
- c. Aplicación en dispositivos: Los dispositivos de destilación solar varían en diseño, pero todos comparten la utilización de un área de evaporación y una superficie de condensación para llevar a cabo el proceso de desalinización. Estos dispositivos pueden ser de configuración simple, como destiladores solares pasivos, o sistemas más complejos con sistemas de concentración solar (Gomez, 2018).

6.1.3.2 Especificaciones Técnicas.

- a. Área de evaporación: La eficiencia del proceso depende en parte del área de evaporación. Una mayor superficie de evaporación permite un mayor volumen de agua salada expuesta a la radiación solar, lo que acelera la evaporación (De la Cruz Molina, 2006).
- b. Área de condensación: El área de condensación también es crucial. Una mayor superficie de condensación permite una mayor captación de vapor de agua, lo que resulta en un mayor rendimiento de agua purificada (De la Cruz Molina, 2006).

- c. **Material de construcción:** Los materiales utilizados en los dispositivos deben ser adecuados para resistir la corrosión y soportar las condiciones ambientales. Las superficies de evaporación y condensación suelen estar hechas de materiales como vidrio, metal o plástico resistente a la radiación solar y la humedad (De la Cruz Molina, 2006).
- d. **Eficiencia:** La eficiencia de la destilación solar se mide en términos de la cantidad de agua purificada producida en relación con la radiación solar recibida. Factores como la eficiencia térmica, el diseño del dispositivo y las condiciones climáticas afectan la eficiencia (De la Cruz Molina, 2006).

6.1.3.3 Tipos De Destilador Solar.

- a. **Destilador solar en forma de cascada:** Este dispositivo funciona como evaporador y destilador, compuesto por una superficie adsorbente en acero galvanizado, formada por nueve escalones idénticos. El agua salobre se coloca en esta superficie y se cubre con una cubierta de vidrio transparente. El prototipo está aislado térmicamente y cuenta con orificios para la entrada de agua salada, la recolección del destilado y el control del nivel de agua (Khelif & Touati, 2000).
- b. **Destilador solar en forma esférica:** Este prototipo se destaca por su forma esférica que maximiza la captación de radiación solar. Un sistema de limpieza recolecta el agua condensada en la esfera mediante un motor. A pesar de su diseño más complejo de construir, es altamente eficiente debido a la mayor incidencia de los rayos solares (Diego & Molina Ramírez, 2020).
- c. **Destilador solar multi-efecto:** Este diseño utiliza bandejas dispuestas en serie, permitiendo la transferencia de calor de una bandeja a otra para un proceso de evaporación más

eficiente. Además, aprovecha el calor residual de la evaporación para mantener el proceso en marcha sin disipar el calor al medio ambiente (Hermosillo-Villalobos & Juan J, 1989).

- d. Destilador solar con evaporador de tela: En este método, una tela negra humedecida capta el calor solar y el líquido a destilar a través de la capilaridad. Un vidrio cubre el destilado y, por gravedad, lo deposita al final de la pendiente de la cubierta. Se elimina la necesidad de bandejas y compartimentos en este diseño (Hermosillo-Villalobos & Juan J, 1989).

6.1.3.3.1 Ejemplos y Rendimiento.

El "Sundrop" es un ejemplo de dispositivo de destilación solar que utiliza espejos para concentrar la radiación solar en un punto focal, donde se calienta el agua salada. El vapor resultante es canalizado y condensado en agua purificada. Su rendimiento puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones climáticas. En un estudio de caso en Abu Dhabi, se evaluó un sistema de destilación solar tipo efecto invernadero. Durante las pruebas, se logró una producción de agua purificada de aproximadamente 4 litros por metro cuadrado de área de evaporación por día. La destilación solar ofrece una forma sostenible de desalinización utilizando una fuente de energía renovable. Su rendimiento varía según el diseño y las condiciones ambientales, pero su potencial para proporcionar agua potable en regiones con abundante radiación solar es prometedor (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).

6.1.4 Electrodialisis y Electrodialisis Reversible

La electrodialisis (ED) y la electrodialisis reversible (EDR) son técnicas avanzadas de desalinización que involucran la migración de iones a través de membranas cargadas eléctricamente bajo la influencia de un campo eléctrico. Estos métodos aprovechan la selectividad de las membranas para permitir el paso de ciertos iones mientras excluyen otros, lo que resulta en la separación de las sales del agua salina (Cárdenas, 2012).

6.1.4.1 Especificaciones Técnicas.

- a. Tipos de membranas utilizadas: En la electrodiálisis, se utilizan membranas cargadas aniónica y catiónicamente alternadas. Estas membranas permiten la migración selectiva de iones cargados a través de los canales de la membrana (Martinez, Boluda, & Garcia, 2019).
- b. Voltaje aplicado: El voltaje aplicado en ED y EDR es esencial para generar el campo eléctrico que impulsa la migración de iones a través de las membranas. Los valores típicos de voltaje varían según el diseño del sistema y la concentración de iones en el agua salina (Martinez, Boluda, & Garcia, 2019).
- c. Flujo de iones: El flujo de iones a través de las membranas es una parte fundamental del proceso. Las membranas deben permitir un flujo controlado de iones para lograr la separación efectiva de las sales del agua (Martinez, Boluda, & Garcia, 2019).
- d. Eficiencia: La eficiencia se mide en términos de la capacidad de desalinización en relación con la energía eléctrica utilizada. Una alta eficiencia significa que se logra una alta eliminación de sales con un consumo de energía relativamente bajo (Martinez, Boluda, & Garcia, 2019).

6.1.4.2 Comparación de Ambas Técnicas.

Electrodiálisis (ED)

1. ED se basa en la migración de iones a través de membranas cargadas eléctricamente.
2. Puede ser eficiente en la eliminación de iones específicos.
3. Requiere un control preciso del voltaje aplicado y la composición del agua de alimentación para garantizar resultados óptimos.
4. Puede ser menos eficiente en la eliminación total de salinidad en comparación con otros métodos.

5. Se utiliza a menudo para tratar aguas salobres o aguas con concentraciones de iones específicos.

Electrodiálisis Reversible (EDR)

1. EDR es una variante de ED que utiliza membranas de intercambio catiónico y aniónico alternativamente.
2. Ofrece una alta eficiencia en la eliminación de iones, ya que los iones se migran de manera reversible entre las membranas, permitiendo la recuperación de iones y la minimización del consumo de energía.
3. Utiliza calor residual de la evaporación para continuar el proceso, lo que contribuye a una mayor eficiencia energética.
4. A menudo se considera más sostenible debido a su capacidad para reutilizar iones.

Comparación en Eficiencia y Consumo de Energía: En términos de eficiencia, la electrodiálisis reversible (EDR) suele superar a la electrodiálisis (ED) estándar. EDR utiliza el calor residual y la migración reversible de iones para minimizar el consumo de energía, lo que resulta en una mayor eficiencia en comparación con ED. Sin embargo, la elección entre ambas técnicas dependerá de la composición del agua de alimentación, los objetivos de desalinización y la disponibilidad de recursos energéticos (Fajardo, 2018).

La electrodiálisis y la electrodiálisis reversible son ejemplos de tecnologías avanzadas de desalinización que han demostrado su eficacia en la separación de sales. Al considerar la eficiencia y el consumo de energía, la elección de la técnica dependerá de los factores específicos de cada caso.

6.1.5 Métodos Emergentes

En el campo de la desalinización, los métodos emergentes son innovadoras técnicas que exploran soluciones novedosas para la separación de sales y la purificación del agua. Dos de estos enfoques destacados son la desalinización por Capacitive Deionization (CDI) y la aplicación de la nanotecnología.

6.1.5.1 Desalinización por Capacitive Deionization (CDI).

CDI es un proceso electroquímico que utiliza electrodos cargados para atraer y retener iones en una solución acuosa. Durante la carga, los iones se acumulan en la superficie de los electrodos, y durante la descarga, se liberan al agua. Este método es prometedor debido a su bajo consumo de energía y su capacidad para eliminar iones específicos (Fajardo, 2018).

6.1.5.2 Especificaciones Técnicas de Dispositivos CDI.

- a. Tipos de electrodos: Los dispositivos CDI utilizan electrodos de carbono, a menudo en forma de aerogeles, espumas o materiales porosos. Estos electrodos proporcionan una gran área superficial para la adsorción de iones (Jiménez, 2018).
- b. Voltaje aplicado: La carga y descarga de los electrodos se logra aplicando un voltaje relativamente bajo, típicamente en el rango de 1-2 voltios (Jiménez, 2018).
- c. Capacidad de adsorción: La capacidad de adsorción de un dispositivo CDI se refiere a la cantidad de iones que puede adsorber en la superficie de los electrodos. Esto puede variar según el diseño del electrodo y el tipo de iones presentes en el agua (Jiménez, 2018).

6.1.5.3 Nanotecnología en Desalinización.

La nanotecnología se está aplicando en la desalinización para aprovechar las propiedades únicas de los materiales en la escala nanométrica. Los nanomateriales ofrecen una gran área

superficial y propiedades de adsorción altamente selectivas, lo que los hace ideales para la captura de iones y contaminantes en el agua.

6.1.5.3.1 Propiedades Únicas de los Nanomateriales.

- a. Alta área superficial: Los nanomateriales tienen una gran área superficial en relación con su tamaño, lo que permite una mayor capacidad de adsorción de iones y otras sustancias (Valdez, Pandolfi, & Villagra, 2018).
- b. Selectividad: Los nanomateriales pueden ser diseñados para ser selectivos en la adsorción de ciertos iones o contaminantes, lo que mejora la eficiencia del proceso de desalinización (Valdez, Pandolfi, & Villagra, 2018).
- c. Cambio de propiedades con tamaño: Las propiedades de los nanomateriales pueden cambiar según su tamaño y estructura, lo que permite ajustar su desempeño para aplicaciones específicas (Vera Cabezas, Pan, & Gómez, 2009).

6.1.5.3.2 Uso de Nanomateriales en Desalinización.

Los nanomateriales se pueden usar en diversos enfoques de desalinización, como la adsorción de iones, la filtración y la mejora de las propiedades de las membranas. Por ejemplo, nanotubos de carbono, óxidos metálicos y nanofibras de polímero se han empleado para la adsorción de iones en soluciones acuosas.

Tabla 8

Cuadro comparativo especificaciones técnicas de los diversos métodos

Método/Dispositivo	Especificaciones Técnicas	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Ósmosis Inversa	Capacidad de Producción, Presión Operación, Eficiencia	de Alta eficiencia en eliminación de sales	Alto consumo de energía, pretratamiento	Plantas de tratamiento, hogares
Destilación Solar	Área de Evaporación, Área de Condensación, Eficiencia	de Utiliza energía solar, bajo consumo	Producción limitada, depende de radiación	Regiones con radiación solar alta
Electrodiálisis (ED)	Tipos de Membranas, Voltaje Aplicado, Eficiencia	de Elimina iones específicos, baja energía	Eficiencia depende de composición del agua	Eliminación selectiva de iones
Electrodiálisis Reversible (EDR)	Tipos de Membranas, Voltaje Aplicado, Eficiencia	de Alta eficiencia, bajo consumo, reversible	Eficiencia depende de composición del agua	Eliminación selectiva de iones
Capacitive Deionization (CDI)	Tipos de Electroodos, Voltaje Aplicado, Capacidad de Adsorción	de Bajo consumo, elimina iones específicos	Capacidad de adsorción limitada	Eliminación selectiva de iones
Nanotecnología en Desalinización	Propiedades de Nanomateriales, Selectividad	de Alta selectividad, propiedades únicas	Escalabilidad, costos	Mejora de membranas, adsorción de iones

Nota: elaboración propia

6.1.6 Desarrollos Futuros y Tendencias

La desalinización continúa siendo un campo en constante evolución, impulsado por la creciente demanda de agua potable y la necesidad de abordar los desafíos del cambio climático.

Los desarrollos actuales y futuros en este ámbito reflejan un enfoque hacia la sostenibilidad, la

eficiencia energética y la innovación tecnológica para lograr un suministro de agua seguro y accesible en todo el mundo.

Integración de energías renovables: Uno de los desarrollos más notables en la desalinización es la integración de fuentes de energía renovable en los procesos de tratamiento. La dependencia histórica de fuentes convencionales de energía ha sido una preocupación en términos de costos y sostenibilidad. La incorporación de energía solar, eólica y otras fuentes renovables ofrece una solución prometedora para reducir la huella de carbono de la desalinización y mitigar la presión sobre los recursos energéticos convencionales (Romero, 2016).

Tecnologías innovadoras: La innovación tecnológica sigue desempeñando un papel fundamental en la evolución de la desalinización. Investigaciones en áreas como nanotecnología, materiales avanzados y diseño de membranas están dando lugar a avances significativos en la eficiencia y la selectividad de los procesos de purificación. Además, el uso de inteligencia artificial y análisis de datos está permitiendo una optimización más precisa de las operaciones y la toma de decisiones en tiempo real (De la Cruz Molina, 2006).

Desalinización sostenible: La sostenibilidad es una tendencia central en el futuro de la desalinización. Los enfoques están evolucionando hacia sistemas más eficientes en términos de energía y recursos, minimizando los residuos generados y adoptando prácticas de tratamiento más responsables desde el punto de vista ambiental. La recuperación de subproductos valiosos, como minerales y sales, también se está explorando como una forma de aprovechar al máximo los procesos de desalinización (Fajardo, 2018).

Descentralización y escalabilidad: A medida que la tecnología avanza, también lo hacen las oportunidades para la descentralización y la escalabilidad de la desalinización. Los sistemas más pequeños y modulares permiten un suministro de agua potable más localizado, lo que puede

ser particularmente beneficioso en áreas remotas o en situaciones de emergencia. Esto reduce la necesidad de transportar grandes volúmenes de agua y ofrece una mayor flexibilidad en la gestión del suministro (Baeza, Vivanco, & Harris, 2019).

Colaboración y políticas gubernamentales: El futuro de la desalinización depende en gran medida de la colaboración entre diferentes actores, incluyendo países, instituciones académicas, la industria y los gobiernos. La formulación de políticas gubernamentales y la inversión en investigación y desarrollo son esenciales para acelerar la adopción de tecnologías innovadoras. La cooperación internacional puede aprovechar las fortalezas de diversas regiones para abordar colectivamente los desafíos de suministro de agua en todo el mundo (Mesa, García, & Arredondo, 2019).

En última instancia, los desarrollos futuros y tendencias en la desalinización reflejan una evolución hacia sistemas más sostenibles, eficientes y adaptables. La integración de energías renovables, la promoción de la innovación tecnológica y el compromiso con la responsabilidad ambiental son aspectos cruciales para garantizar un suministro de agua seguro y confiable en un mundo cada vez más afectado por la escasez hídrica. Al adoptar estas tendencias y anticiparse a los desafíos venideros, la desalinización puede jugar un papel fundamental en la mitigación de la crisis hídrica global y asegurar un futuro más resiliente para las generaciones venideras (Martínez, 2018).

6.2 Objetivo Especifico 2

Clasificar las características aplicables a un dispositivo desalinizador que supla las necesidades básicas para el acceso a agua potable en zonas costeras.

Resultados:

Se genera la relación entre las características del dispositivo modelo base “Helio Water” y las propiedades esperadas. Primero se exponen las partes que componen a “Helio Water” en el numeral 4.2.2 y se le realiza un análisis de las características aplicables, posteriormente se formula la propuesta para el desarrollo del dispositivo desalinizador de este proyecto de investigación en el numeral 4.2.3 y finalmente se realiza un comparativo entre los dispositivos; el modelo base y la propuesta.

Este desarrollo y revisión bibliográfica busca reemplazar las partes de costos más elevados por unas más asequibles y amigables con el medio ambiente, dado que partes como el soporte en acero inoxidable es reemplazable por otro tipo de materiales como lo es el plástico prensado , tomando como referencia el precio de comercialización del acero en toneladas en donde según la ANDI el valor para el 2022 estuvo en un promedio de \$1.112.000 pesos colombianos por tonelada, mientras que el plástico prensado o reciclado según el periódico la republica varía entre \$240.000 y \$ 360.000 el precio por tonelada para el 2022 (ANDI, 2022), evidenciando una diferencia en costos al momento de la producción, siendo el plástico un material resistente a la corrosión ocasionada por la humedad y el agua de mar con alto contenido salobre, adicionalmente se genera el cambio en el modelo “Helio Water”, reemplazando el sistema de bombeo el cual está compuesto por una bomba de diafragma alimentada mediante un panel solar, la cual garantiza la impulsión del agua de mar hacia la bandeja de evaporación, por medio del principio de la presión hidrostática para impulsar y generar el flujo de agua de mar hacia la bandeja de evaporación ubicando el recipiente de agua de mar más elevado que la bandeja evaporadora(Cando & Calberto Erick, 2018), hay que resaltar que operar y mantener una bomba fotovoltaica implica asegurarse de que los paneles solares estén limpios y funcionando correctamente, supervisar el rendimiento de la bomba, y realizar el mantenimiento regular de los componentes para garantizar su eficiencia y durabilidad

(Alonso et al., 2021). Además, es importante capacitar a la comunidad en la operación básica y cuidado de la bomba para maximizar sus beneficios y todas estas actividades enriquecerían el valor no solo de fabricación si no de distribución y operación del dispositivo. Según estos cambios descritos, se permite minimizar los costos reemplazando partes claves del modelo base y fabricar y distribuir con fines sociales el dispositivo propuesto.

6.3 Objetivo Especifico 3

Formular la propuesta para el desarrollo de un dispositivo desalinizador.

Resultados:

El análisis de resultados obtenidos en la formulación de la propuesta para el desarrollo del dispositivo desalinizador revela un enfoque metódico y estratégico en la consecución de los objetivos planteados. Los tres numerales abordados en el proceso permitieron una estructuración coherente y progresiva de la propuesta, demostrando un enfoque bien definido.

En el primer numeral, se llevó a cabo un análisis bibliográfico exhaustivo de los modelos previamente estudiados. Esta etapa resultó crucial para identificar el modelo base denominado "Helio water", el cual sirvió como punto de partida para el diseño de la propuesta. La selección de este modelo base evidencia un entendimiento profundo del estado actual de la tecnología de desalinización y demuestra la capacidad de utilizar la investigación previa como plataforma para la innovación.

En el segundo numeral, se realizó un análisis detallado de los componentes del modelo base, con el propósito de identificar aquellos que podrían ser reemplazados por materiales más accesibles, sin comprometer la funcionalidad. Esta consideración refleja una preocupación genuina por reducir los costos de producción, lo cual es esencial para lograr un dispositivo desalinizador económico y viable para su implementación en diferentes contextos.

El tercer numeral refleja un enfoque holístico en la formulación de diseño para la propuesta del dispositivo desalinizador. La clasificación de características aplicables, como la capacidad de producción de agua, el almacenamiento, la eficiencia y la utilización de fuentes de energía solar, muestra una comprensión clara de las necesidades del dispositivo y cómo estos aspectos impactan en su rendimiento y utilidad práctica. La mención de materiales duraderos y de fácil acceso resalta la importancia de la sostenibilidad y la disponibilidad de recursos.

La inclusión de la propuesta del dispositivo desalinizador en el anexo 1 representa un valioso aporte a la presentación del trabajo, ya que permite a los lectores examinar directamente los resultados del diseño propuesto y entender cómo se traduce la investigación en una solución tangible y visualmente representada.

En resumen, el análisis de resultados demuestra un proceso investigativo riguroso y una dedicación significativa para abordar cada etapa del objetivo de formulación de la propuesta para el desarrollo del dispositivo desalinizador. La combinación de análisis bibliográfico, selección de modelo base, optimización de componentes y definición de características clave proporciona una base sólida para la implementación y evaluación de la propuesta en futuros pasos del proyecto.

7. Conclusiones

Conclusión 1: La caracterización exhaustiva de las especificaciones técnicas de los diversos métodos y dispositivos de desalinización nos proporciona una visión profunda y esclarecedora de las soluciones que la ciencia y la tecnología ofrecen para abordar la creciente demanda de agua potable en las zonas costeras. Cada uno de estos métodos posee su propia gama de características técnicas, las cuales se entrelazan con sus ventajas y desventajas específicas, delineando así un panorama diverso y complejo en la búsqueda de una fuente sostenible y asequible de agua dulce.

La ósmosis inversa, con su capacidad destacada para eliminar eficientemente las sales, se erige como una columna vertebral en la industria de la desalinización. No obstante, la carga energética que implica y los requerimientos de pretratamiento señalan un desafío importante que no debe pasarse por alto. En paralelo, la destilación solar brilla como un enfoque más sostenible y de menor consumo energético, capitalizando la energía solar y enfrentando, al mismo tiempo, ciertas limitaciones en términos de producción.

En otro orden, la electrodiálisis y su variante reversible emergen como alternativas atractivas debido a su eficiencia energética y a la posibilidad de selectividad en la eliminación de iones. En conjunto con la capacitiva deionización (CDI), que también destaca por su bajo consumo energético y capacidad de eliminar iones específicos, estos métodos señalan un camino prometedor hacia la reducción de la demanda energética en la desalinización.

La incorporación de la nanotecnología en este ámbito introduce un factor de innovación que capitaliza las propiedades únicas de los nanomateriales, como su alta selectividad y capacidad de adsorción. Sin embargo, esta tecnología enfrenta retos considerables en términos de

escalabilidad y costos, lo que subraya la necesidad de una investigación continua y un enfoque pragmático para su implementación efectiva.

En última instancia, el análisis detallado de estas especificaciones técnicas nos permite discernir las mejores prácticas y las adaptaciones necesarias para cada contexto. El camino hacia una solución global y sostenible para la desalinización implica considerar cuidadosamente factores como la calidad del agua de entrada, la disponibilidad de recursos y la infraestructura. El abanico de métodos disponibles brinda una variedad de herramientas para enfrentar este desafío crítico, permitiendo a las comunidades costeras acceder a una fuente vital de agua potable y contribuir al resguardo del medio ambiente. En esta búsqueda incesante por soluciones innovadoras y adaptativas, la desalinización se erige como una poderosa aliada en la lucha por un futuro donde el acceso al agua segura y limpia sea una realidad universal.

Conclusión 2: A través de la revisión bibliográfica e innovación, se llevó a cabo una investigación con el objetivo de encontrar alternativas más económicas para reemplazar las partes de un desalinizador solar comercial y funcional llamado "Helio Water". Se buscaba no solo encontrar soluciones más rentables, sino también agregar una mayor responsabilidad social y ambiental al sistema propuesto de desalinización. La revisión bibliográfica permitió conocer los avances y las tecnologías existentes en el campo de la desalinización solar, mientras que el desarrollo de ideas creativas impulsó la búsqueda de soluciones innovadoras. Con esto en mente, se exploraron materiales más económicos y sostenibles que pudieran cumplir con los requerimientos y funcionalidades del desalinizador. El objetivo final era lograr un sistema de desalinización eficiente y accesible que ayudara a abordar los desafíos de escasez de agua y promoviera la protección del medio ambiente.

Conclusión 3: la propuesta de diseño fue desarrollada con éxito, tomando como base el modelo “Helio Water”; esta propuesta de diseño fue pensada, orientada y teniendo en cuenta múltiples aspectos importantes, como las especificaciones del diseño como la Capacidad de producción de agua y almacenamiento; eficiencia de Desalinización, utilización de fuentes de energía solar, un diseño compacto y portable; Materiales duraderos, resistentes a la corrosión y de fácil acceso; considerando la disminución en el impacto ambiental; y lo más importante la facilidad para su uso, Sin embargo, es importante aclarar que para conocer los ajustes pertinentes al prototipo este debe llevarse a la realidad mediante la ejecución de un nuevo proyecto y de esta forma validar el funcionamiento y practicidad del mismo.

Bibliografía

- Alcaldía Apartadó. (2022). *Identificación del Municipio*. Obtenido de Mi municipio:
<https://apartado-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Alcaldía de Turbo. (2021). *Plan de Desarrollo 2020-2023 "Turbo Ciudad Puerto"*. Obtenido de Distrito De Turbo: <https://www.turbo-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/PLAN%20DE%20ACCION%202021-DISTRITO%20DE%20TURBO.pdf>
- Azmanajaya, E., Paulus, C. A., & Paranoan, N. (2020). The Sustainability index of the provision of clean water treatment plants (IPAB) in supporting SDG 2030 programs for the availability and management of sustainable clean water in Soppeng Regency, South Sulawesi Province, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1464(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012052>
- Baeza, E., Vivanco, E., & Harris, P. (2019). *La desalinización de agua de mar: tecnologías, regulaciones y efectos ambientales*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27769/2/Informe_Aspectos_Principales_de_Desalacion.pdf
- Bianchelli, S., Martire, M. Lo, Pola, L., Gambi, C., Fanelli, E., Danovaro, R., & Corinaldesi, C. (2022). Impact of hypersaline brines on benthic meio- and macrofaunal assemblages: A comparison from two desalination plants of the Mediterranean Sea. *Desalination*, 532, 115756. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.115756>
- Cárdenas, C. E. (2012). *IMPLANTACIÓN DE PROTOTIPO DE PLANTA DESALINIZADORA SOLAR POR HUMIDIFICACIÓN MULTI-EFECTO*. Obtenido de d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32919560/desa.pdf?1391572936=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_SIMON_BOLIVAR_DECANATO_DE_ES.pdf&Expires=1691861454&Signature=GzaEj~pD0F~e3qWJkcmf17VZwnUSroHwaY~XIEJy3qSpGk5J8~0mBDZnVN2Yf6UV8dInAET

- Cascajo, M. (2023). *Análisis experimental de la permeabilidad al agua en módulos de membranas para desalación eficiente de agua de mar*. Obtenido de <https://idus.us.es/handle/11441/148424>
- Cirelli, A. F., & Du Mortier, C. (2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. *Tecnologías Solares Para La Desinfección y Descontaminación Del Agua. Solar Safe Water*, 11–26.
- Constitución Política de Colombia, Pub. L. No. 1, funcionpublica.gov.co 1 (1991).
https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=4125
- Córdoba, M. A., Del Coco, V. F., & Basualdo, J. A. (2010). Agua y salud humana. *Química Viva*, 9(3), 105–119.
- CTPA. (2021). *Subregión de Urabá*. Obtenido de Consejo Territorial de Planeación de Antioquia: <https://ctpantioquia.co/subregion-de-uraba/>
- DANE. (2022). *Censo Nacional de Población Y Vivienda 2018*. Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>
- DANE. (2022). *Proyecciones de Población*. Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

- De la Cruz Molina, C. (2006). La desalinización del agua de mar mediante el empleo de energías renovables. *Documentos de trabajo (Laboratorio de alternativas)*, 88, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2048097>.
- Decreto 780 de 2016, Pub. L. No. 780, [minisalud.gov.co](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%200780%20de%202016.pdf) 1 (2016).
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%200780%20de%202016.pdf
- Diego, P., & Molina Ramirez, A. (2020). *Destilador solar*.
- EPM. (2021). *Porce III*. Obtenido de Empresas Públicas de Medellín:
<https://cu.epm.com.co/institucional/sobre-epm/nuestras-plantas/plantas-de-energia/centrales-hidroelectricas-epm>
- Equipo editorial, Etecé. (2022). *Energía solar*. Obtenido de Concepto:
<https://concepto.de/energia-solar/>
- Fajardo, A. (2018). *DESALINIZACIÓN DEL AGUA: ¿UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA?* Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7141/1/159039-2018-I-GA.pdf>
- Gil, C. G. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. In *Nº* (Vol. 140).
- Gomez, J. L. (2018). *Construcción y evaluación de dos dispositivos que utilizan energía solar para desalinizar agua*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/24583>
- Hassan, A. A., & Awad, M. M. (2023b). Bibliometric analysis on hybrid renewable energy-driven desalination technologies. *Energy Nexus*, 11, 100215.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100215>

- Jiménez, F. (2018). *COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE DESALINIZACIÓN EN UN CONTEXTO DE DESARROLLO SOSTENIBLE*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/40311/u808167.pdf?sequence=1>
- Jofre-Meléndez, R., Cervantes-Pérez, J., & Barradas, V. L. (2015). CALIDAD DEL AGUA DE LA NIEBLA CAPTADA ARTIFICIALMENTE EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PIXQUIAC, VERACRUZ, MÉXICO: RESULTADOS PRELIMINARES. *TIP*, 18(2), 122–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.recqb.2015.09.004>
- Khelif, C., & Touati, B. (n.d.). *Semi-empirical characterization of a greenhouse-ect cascades solar distiller*. www.elsevier.com/locate/renene
- Lechuga, J., Rodríguez, M., & Lloveras, J. (2007). Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica. *Ingeniería*, 11(3), 5–14.
- Ley 99 de 1993, Pub. L. No. 99, <https://www.minambiente.gov.co/> 1 (1993). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- López Pérez, M. D. (2017). *Manual. Operaciones para la gestión de residuos industriales (UF0289)*. Madrid: CEP, S.L.
- Mancipe-Puentes, J. E., Gallo-Ordoñez, J. P., & Mena-Benavides, J. E. (2018). Evaluación técnico-económica de la implementación de un parque eólico en el municipio de Carepa (Antioquia). *Espacios*, 39(23), 28.
- Marine Tech. (2020). *SolarImpulse Foundation*.

- Márquez Fernández, O., & Ortega Márquez, M. (2017). Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz. *Revista Mexicana de Opinión Pública*, 23, 41–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2017.23.58515>
- Martínez, M. R. (2018). *Procesos y tecnología para la desalinización del agua*. Obtenido de riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/167697/Martínez%20-%20Procesos%20y%20tecnología%20para%20la%20desalnización%20del%20agua.pdf?sequence=1
- Martinez, S., Boluda, N., & Garcia, J. (2019). *Técnicas electromagnéticas para el tratamiento de aguas y diseño de una planta piloto con dispositivo TK3K*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88474>
- Mesa, L. F., García, J. A., & Arredondo, A. (2019). Análisis de factibilidad técnica y financiera de sistemas fotovoltaicos para el suministro eléctrico rural en Urabá Antioqueño. *Sciencia Et Technica*, 24(1), 56-63.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible. (2007). *Resolución 2115*.
- Noticias Urabá. (24 de mayo de 2017). *Mapa de Urabá*. Obtenido de <https://noticiasuraba.com/mapa-de-uraba/1918/>
- ONU. (2003, January 20). *CUESTIONES SUSTANTIVAS QUE SE PLANTEAN EN LA APLICACIÓN DEL PACTO INTERNACIONAL DE DERECHOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES*. Onu.Org. <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/BDL/2012/8789.pdf>
- ONU. (2010, August 3). *Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010*. Onu.Org. [file:///home/exponencial/Descargas/A_RES_64_292-ES%20\(1\).pdf](file:///home/exponencial/Descargas/A_RES_64_292-ES%20(1).pdf)

ONU. (2016, January 1). *Objetivo 6: Garantizar el acceso al agua y al saneamiento para todos.*

Onu.Org. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>

Pison, G., Couppié, E., & Caporali, A. (2022). The Population of the World, 2022. *Population Societies*, 603(8), 1–8.

QuestionPro. (2023). *Calculadora de Muestras*. Obtenido de

<https://www.questionpro.com/es/calculadora-de-muestra.html>

Reeves, H. (n.d.). *On the cosmic scale, water is rarer than gold... ...and infinitely more precious for life.*

Resolución 2115, Pub. L. No. 2115, <https://www.minsalud.gov.co/> (2007).

https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf

Restrepo Gutiérrez, E., & Zárate Yepes, C. A. (2016). El mínimo vital de agua potable en la jurisprudencia de la Corte Constitucional colombiana. *Opinión Jurídica*, 15(29), 123-140.

Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ojum/v15n29/v15n29a07.pdf>

Riva, A., & Lavín, P. (2015). *El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.*

Romero, J. M. (2016). *Desarrollo de un sistema de supervisión y monitoreo con implementación de módulos de detección de fallas para una planta piloto desalinizadora de agua de mar.*

Obtenido de

<https://www.proquest.com/openview/86a9f76ee68153cf8d522c3d834422ca/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

- Valdez, J., Pandolfi, R., & Villagra, N. (2018). *Red de sensores inteligentes para adquisición de datos de una planta de desalinización de agua*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6618651>
- Valdivieso, M. J. (2021). *Planta desalinizadora: diseño y potenciales beneficios socioambientales en la aplicación de riego en La Guajira*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/59286/3900.pdf?sequence=1>
- Vera Cabezas, L. M., Pan, Y., & Gómez, Y. (2009). Desalación de agua de mar, solución del futuro. *Tecnología Química*, XXIX(2), 28-33. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543759004>
- Wong, K. V., & Pecora, C. (2015). Recommendations for energy–water–food nexus problems. *Journal of Energy Resources Technology*, 137(3), 032002.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Física Universitaria*. (Vol. 1). (V. A. Flores Flores, Trad.) Naucalpan de Juárez: Pearson Educación. Obtenido de http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/FISICA_LQ/Francis%20Sears,%20Mark%20Zemansky.pdf

Anexos

Anexo 1 Diseño propuesto dispositivo desalinizador

