

Diseño de un sistema de condensación de agua a partir de la humedad del aire en la isla de San  
Andrés

Lilit Danisha Jay Barker

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Docente:

Luisa Fernanda Carvajal Díaz

Bogotá D.C.

Junio 05 de 2023

## Tabla de contenido

Resumen ejecutivo.....	4
Introducción.....	6
Objetivos .....	10
<b>Objetivo General</b> .....	10
<b>Objetivos específicos</b> .....	10
Definición del problema.....	11
Justificación .....	13
Análisis de requerimientos .....	15
<b>Intención del producto</b> .....	15
<b>Verificación de parámetros de diseño</b> .....	15
<b>Estimación de ciertas características de diseño o especificaciones del producto: potencia, desempeño, etc.</b> .....	16
Marco de referencia.....	19
Análisis de restricciones.....	21
<b>Ambientales</b> .....	21
<b>Alcance</b> .....	21
<b>Económicas</b> .....	21
<b>Socioculturales</b> .....	22
Metodología para la selección y desarrollo de la solución.....	23
Análisis de costos .....	24
<b>Costos directos</b> .....	24
<b>Costos fijos</b> .....	27
<b>Capital de trabajo</b> .....	28
Costos totales .....	28
<b>Costo total por cada prototipo</b> .....	28
<b>Costos de mantenimiento</b> .....	29
<b>Costos de operación</b> .....	29
<b>Costo total proyecto</b> .....	30
<b>Tasa de retorno</b> .....	32
Análisis de resultados .....	32

Conclusiones.....	33
Referencias .....	35

### **Lista de ilustraciones**

1 Ilustración. Diagrama psicométrico .....	18
2 Ilustración. Diseño conceptual del sistema de condensación.....	18

### **Lista de tablas**

Tabla 1. Características Psicométricas de San Andrés Islas.....	17
Tabla 2. Equipos para construcción de prototipo .....	24
Tabla 3. Materiales para prototipo.....	25
Tabla 4. Valores para construcción de prototipo.....	26
Tabla 5. Costos fijos del proyecto .....	27
Tabla 6. Costos por prototipo.....	28
Tabla 7. Costos de mantenimiento de cada prototipo .....	29
Tabla 8. Costos de operación del equipo.....	29
Tabla 9. Costo total proyecto por cada prototipo .....	30
Tabla 10. Costos fijos del proyecto .....	30
Tabla 11. Costo total de inversión por prototipo.....	31

### **Resumen ejecutivo**

Ante las situaciones graves de escasez de agua a nivel mundial, han nacido varias alternativas para contrarrestar esta problemática, desde la concientización de la población hasta el desarrollo de tecnologías innovadoras con la ayuda de la ciencia y la ingeniería para ayudar a reducir en número las afectaciones que genera esta escasez.

Entre estas alternativas se encuentran proyectos de purificación de agua, desalinización, uso de agua subterránea, trampas de condensación, y otras ideas muy útiles para dar solución a la escasez de agua potable, pero un proyecto innovador basado en proyectos anteriores de hace muchos años atrás y gracias al beneficio de las tecnologías ha sido la generación del recurso hídrico a través de la captura y procesamiento de la humedad del aire. El uso de la ingeniería ha edificado esta idea dando como resultado una imitación del proceso natural de condensación del agua para así obtener agua líquida por medio de una máquina. Un dispositivo que puede funcionar en lugares tropicales o secos, en donde priman las altas temperaturas y un nivel de humedad suficiente para el proceso.

El funcionamiento de esta tecnología se basa en enfriar la corriente de aire que ingresa, generando un cambio de estado que resulta en la obtención de agua líquida sobre una superficie para su posterior recolección. Una tecnología basada en el método frigorífico y la ciencia de la psicrometría. Existen diversidad de modelos con el objetivo de generar agua líquida a partir de la humedad del aire, cada uno con procesos de operación distintos, desde el uso de energías renovables hasta la implementación de procesos adicionales para la optimización de los procesos y resultados de este, en consideración el factor clima, elemento importante en este proceso ya que de este depende el rendimiento y vida útil del equipo.

La selección específica del lugar para este proyecto se basa en las necesidades actuales de la población y las condiciones climáticas favorables para su ejecución, la isla de San Andrés, una isla con clima tropical y humedad media, la cual cumple satisfactoriamente con los requisitos para la implementación de este mecanismo, sumándole un factor nuevo, la salinidad, un contenido de sales minerales disueltas que pueden presentarse en el aire y en el mar afectando el proceso de obtención de agua líquida ya que la presencia de este puede afectar el objetivo de generar agua apta para uso doméstico, el cual se considera debe cumplir con el estado adecuado para su utilización. Por esta razón se realiza el diseño de un modelo de obtención de agua líquida libre de sales y contaminantes a partir de la condensación de la humedad del aire, para este sitio en específico en el mar caribe.

A pesar de las restricciones que presenta la posible ejecución del prototipado en la isla de San Andrés de acuerdo con capital de inversión en equipos, sistema y demás se hayan soluciones oportunas y al alcance de los medios a nivel departamental y nacional, poniendo como prioridad

la exhaustiva necesidad de los isleños del recurso hídrico el cual carecen en términos alarmantes y se está viendo afectados cada vez más al avanzar los efectos de cambio climático.

### **Introducción**

El agua es un recurso vital para el desarrollo de la vida del ser humano, de ella depende el alimento y variedad de actividades sanitarias y económicas como la agricultura y la ganadería.

Por esta razón actualmente se exige su protección y conservación, mediante el uso y aprovechamiento respetuoso por su importancia y actual riesgo.

Escasez de agua, las tres palabras más mencionadas en la actualidad, debido al cambio climático, la sobrepoblación global y en función se encuentra ligada al bienestar de todo el planeta. La demanda de este recurso va en aumento al igual que su uso de manera irracional, lo que nos lleva al gran problema, ¡el planeta se está quedando sin agua dulce!

La vasta superficie de la Tierra contiene alrededor de 1386 millones de kilómetros cúbicos de agua, esta cifra nos ayuda a comprender por qué nuestro planeta es un 70% agua. Esta cifra se ha

mantenido estable durante más de dos mil millones de años: ni han aumentado, ni disminuido. De estos 1386 millones de km<sup>3</sup>, la cual diariamente va disminuyendo en cantidad disponible. (fundacion aquae, 2023).

El cambio climático es un factor que ha influenciado el ciclo natural del agua, este representa riesgos significativos para los ecosistemas y habitantes y conduce a fenómenos meteorológicos con un nivel extremo. Se considera que el aire caliente por efecto de cambio climático puede considerarse una alternativa favorable frente esta problemática, ya que admite más vapor de agua que el aire frío y de esta manera, es posible realizar intervenciones innovadoras y tecnológicas para aprovechar este beneficio y solucionar una gran problemática a nivel mundial. Por otro lado, la disponibilidad en niveles desmedidos de este trae consecuencias no muy favorables para la población como lluvias extremas y por ende afectaciones a los ecosistemas y lo seres vivos que de ellos dependen.

Colombia, un país bendecido con abundantes recursos hídricos, se enfrenta a una paradoja. A pesar de tener una precipitación pluvial significativa y contar con importantes ríos, lagos y acuíferos, diferentes regiones del país enfrentan serios problemas de escasez de agua. El fenómeno de la escasez hídrica se agrava debido a múltiples factores, como la variabilidad climática, la deforestación, la contaminación del agua y el uso ineficiente de este recurso. Estos desafíos afectan tanto a las zonas rurales como a las áreas urbanas, poniendo en riesgo la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible del país.

La problemática de escasez de agua en San Andrés, Colombia es un tema preocupante y complejo que afecta a la población local y al ecosistema de la isla. San Andrés es un archipiélago

ubicado en el mar Caribe y depende en gran medida del suministro de agua dulce para satisfacer las necesidades básicas de su población. Colombia, un país bendecido con abundantes recursos hídricos, se enfrenta a una paradoja. A pesar de tener una precipitación pluvial significativa y contar con importantes ríos, lagos y acuíferos, diferentes regiones del país enfrentan serios problemas de escasez de agua. El fenómeno de la escasez hídrica se agrava debido a múltiples factores, como la variabilidad climática, la deforestación, la contaminación del agua y el uso ineficiente de este recurso. Estos desafíos afectan tanto a las zonas rurales como a las áreas urbanas, poniendo en riesgo la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible del país.

Uno de los factores que contribuyen a la escasez de agua en San Andrés es el aumento de la demanda de agua, enfatizándonos en el turismo es una de las principales fuentes de ingresos de la isla, y el crecimiento constante del número de visitantes ha incrementado la demanda. Lo cual nos lleva a que la infraestructura actual no ha podido mantenerse al ritmo de este aumento, lo que ha llevado a una mayor presión sobre los recursos hídricos. Al igual entendiendo que San Andrés se encuentra en una zona propensa a eventos climáticos extremos, como sequías e intensas lluvias. El cambio climático ha aumentado la frecuencia y la intensidad de estos eventos, lo que afecta la disponibilidad de agua dulce en la isla. (Mejía, 2020)

Además, muchas comunidades de la isla dependen del agua subterránea como fuente de abastecimiento. Sin embargo, la extracción excesiva y no regulada de agua subterránea ha llevado a la intrusión salina, contaminando aún más las reservas de agua dulce, sumándole la falta de un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales y la disposición inadecuada de desechos han llevado a la contaminación de fuentes de agua en San Andrés. Esto ha reducido aún

más la disponibilidad de agua dulce segura para el consumo humano y las actividades diarias. (Jimenez, 2019).

La escasez de agua en San Andrés es un desafío complejo que requiere la colaboración de los gobiernos local y nacional, la comunidad y los actores turísticos. Con una combinación de medidas de conservación, infraestructura mejorada y una gestión adecuada, es posible mitigar los efectos de la escasez de agua por medio de medidas integrales que aborden estos desafíos garantizando un suministro sostenible para las generaciones futuras.

Es fundamental contar con una gestión adecuada de los recursos hídricos, incluyendo regulaciones claras y efectivas, monitoreo constante de la calidad del agua y medidas para prevenir la contaminación. Promoviendo prácticas de uso eficiente del agua, como la instalación de dispositivos de ahorro de agua en hogares y establecimientos turísticos, así como la prohibición de prácticas derrochadoras, como el riego excesivo de jardines. Todo esto de la mano de una mejora en la infraestructura hídrica, implementando inversiones en la construcción y modernización de sistemas de abastecimiento de agua, incluyendo la captación y el almacenamiento de agua de lluvia, así como el tratamiento y distribución eficientes. Inculcando la conciencia y educación a la población local y a los turistas sobre la importancia de la conservación del agua y la adopción de prácticas sostenibles. Campañas de sensibilización y programas educativos que puedan ayudar a fomentar cambios de comportamiento. (Guerrero, 2019).

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un dispositivo para la obtención de agua líquida mediante condensación a partir del tratamiento de aire en San Andrés Islas.

### **Objetivos específicos**

Determinar y evaluar las condiciones de los medios abiótico y socioeconómico del área de influencia del proyecto

Diseñar el prototipo de un sistema para la captura y condensación de la humedad del aire de acuerdo con las características climáticas con el uso de las herramientas tecnológicas y modelos matemáticos necesarios para el funcionamiento correcto del dispositivo

Seleccionar los equipos y herramientas correctas para el montaje y buen funcionamiento del sistema de condensación de humedad

Evaluar parámetros económicos del proyecto ajustando el desarrollo al contexto socioeconómico de la comunidad étnica raizal.

### **Definición del problema**

San Andrés Islas, un archipiélago ubicado en el mar caribe con una extensión de 27 km<sup>2</sup> rodeado de agua salada (mar) pero con una escasez preocupante de agua dulce, hace varios años la alternativa para adquirir de este recurso, era a través del medio subterráneo, Esta isla se caracteriza por una alta dependencia de las aguas subterráneas para abastecimiento hídrico y por un aumento poblacional acelerado, que demanda más agua que la disponible. Esta demanda varía según proporción, tipo y distribución de la población en el territorio, por tanto, este es un factor determinante para la gestión del recurso hídrico en San Andrés. Siendo este económico, seguro y mucho más limpio que de alguna otra red de abastecimiento. Este método ofreció muy buenos resultados para la comunidad isleña, hasta que esta pequeña población empezó a crecer, generando una mayor demanda en recursos y agotando poco a poco este medio. (INVEMAR, CORALINA, 2012)

El mal uso del suelo, la contaminación por agua residual filtrada, la sobrepoblación fueron la principal causa que condujo a este deterioro del recurso más importante para la vida diaria, fue tan grande la demanda de este recurso, que llegó a su deterioro casi total en cuanto a calidad, cantidad y disponibilidad. Gracias a las nuevas tecnologías y los avances tecnológicos, la isla

logró incorporar un nuevo sistema, la planta desalinizadora de la empresa que rige el abastecimiento del agua potable a las familias isleñas, Veolia S.A.S. A pesar de su buena calidad, no es un servicio que alcance a cubrir el 100% de las necesidades de la población, por otro lado, no es un servicio constante, ya que se distribuye mensualmente lo cual representa un grave problema para las familias beneficiadas. Se agrega esta situación el hecho de que hay familias que no cuentan con los depósitos adecuados para almacenar el agua para su posterior uso.

Desde el año 2013 se ha ido incrementando la crisis de escasez de agua y aumento de turismo en las islas, La falta de agua también lo desencadenó la disminución de disponibilidad de agua dulce, “por los efectos del Fenómeno del Niño y el intenso verano que desde el 2013” (Lunazzi E. , 2016), se ha experimentado cada vez con mayor intensidad Han acontecido varias emergencias por fallas en la distribución de agua en sectores rurales de la isla a pesar de contar con estaciones de bombero cerca, lo cual ha sido objeto de cuestionamientos a la empresa distribuidora del recurso. A pesar de las mejoras en los últimos años aún se presentan inconsistencias con la obtención de este recurso en la isla.

### **Justificación**

El uso de la condensación de la humedad del aire con el fin de producir agua líquida en la isla de San Andrés, se considera una aplicación sostenible e innovadora con el potencial de beneficiar a más de 70% de la población que se ve afectada por la escasez de agua en épocas de sequía. Ante múltiples acontecimientos como protestas y bloqueos a lo largo de los años, se ha llamado la atención acerca de cómo brindar una solución a la comunidad, la cual espera permanecer y seguir creciendo los siguientes años en la pequeña isla que presenta baja disponibilidad de recursos hídricos a pesar de estar rodeado de agua.

Los acuíferos son unidades de roca o sedimentos, capaz de almacenar cantidad de agua. La destrucción y modificación de los acuíferos en la isla de San Andrés han sido uno de los pilares en la limitación de este recurso por consecuencias dadas por La Corporación Coralina la cual señaló que “una marcada disminución de las lluvias ha generado la sobreexplotación de las fuentes tradicionales y una mayor demanda de los pozos profundos del acuífero”. (Lunazzi E. , 2016) siendo este un albergue de agua dulce en épocas de lluvia que permitía sostener un equilibrio entre disponibilidad y aprovechamiento sin alterar su utilidad. Por medio de los Decretos 0170 del 15 de abril de 2016 y 0340 del 16 de agosto de 2017, la Gobernación departamental declaró el inicio y final de una calamidad pública por escasez de agua en la isla, la cual duró 15 meses. La isla en el año de 2016 vivió una declaración de calamidad pública dada por el gobernador de San Andrés, Ronald Housni Jaller, “declaró la ‘calamidad pública’ por escasez en el suministro de agua potable y este sábado entró en marcha un plan para la crisis” (Lunazzi E. , 2016), como estrategia para atender los casos extremos en las épocas de sequía, durante el suceso, con la ayuda del Cuerpo Oficial de Bomberos de los bomberos en situaciones

extremas se intenta abastecer a la población situada en las zonas rurales, siendo esta la más afectada por la escasez.

La empresa Veolia S.A.S se encuentra presente en la isla como mediador y regulador del suministro del acueducto y alcantarillado, presentando fallas desde años atrás y consumiendo el agua subterránea que queda disponible a pesar de estar mezclada con agua salada y si, ahora el agua subterránea es salada porque se está sobrepasando los límites permitidos de extracción y el agua salada se está mezclando con el agua dulce disponible.

## **Análisis de requerimientos**

### **Intención del producto**

Este sistema de condensación de humedad del aire tiene como función abastecer del recurso hídrico a las familias San Andresanas principalmente en épocas de sequía, las cuales son oficialmente a partir del mes de febrero hasta el mes de mayo y, como consecuencia este periodo de tiempo se ha visto afectados de forma directa por efectos del cambio climático.

Con un sistema de condensación de humedad de rendimiento efectivo y con un bajo costo de consumo, se pretende beneficiar a las familias de bajos recursos los cuales presentan escasez de agua constante y dificultad para la remuneración del servicio de carrotaques, el cual es utilizado como alternativa de abastecimiento en épocas de sequía o poca disponibilidad del bien en los hogares.

### **Verificación de parámetros de diseño**

El diseño de este prototipado con características específicas debido a la zona y sus condiciones climáticas necesita un Sistema que permita la obtención del agua purificada sin alteraciones, el cual puede afectar el rendimiento de la máquina.

Es necesario que el prototipo sea compuesto de materiales no corrosivos y que mantengan su durabilidad ya que, por las condiciones salinas del aire en la isla por estar situada en medio del mar, las maquinas diseñadas en materiales convencionales pueden sufrir de corrosión y por este motivo reducen su vida útil generando mayor gasto en mantenimiento o reabastecimiento de material, y causar gastos innecesarios a lo largo de su operación.

**Estimación de ciertas características de diseño o especificaciones del producto: potencia, desempeño, etc.**

Este sistema, será dependiente de un sistema de energía renovable para la obtención de energía a través de la luz solar (paneles solares) el cual tendrá la capacidad necesaria para la demanda eléctrica del prototipo y su correcto funcionamiento. Está diseñado para trabajar durante 48 horas en donde se estima obtener entre 300L y 500L por día para el abastecimiento por hogar del recurso hídrico obtenido de la condensación de la humedad.

La ubicación del equipo de acuerdo con la zona e incidencia de la dirección del viento es importante para minimizar el esfuerzo de la máquina.

Siendo este un dispositivo de tamaño considerable que será ubicado en zonas cercanas al hogar, pero sin ningún tipo de techo o cubrimiento para favorecer el rendimiento del panel solar, debe contar con un recubrimiento resistente a la variación de las condiciones climáticas.

### **Parámetros de diseño**

Para determinar el rango de funcionamiento y alcance del sistema se determinaron los parámetros característicos para lograr un óptimo funcionamiento.

### **Psicometría de San Andrés Islas**

Con el fin de calcular los elementos necesarios para la constitución del sistema en general, se seleccionan las características psicométricas del sitio en influencia, los cuales se demuestran a continuación.

**Tabla 1. Características Psicométricas de San Andrés Islas**

Propiedades	Valor	Unidades
T° ambiente	28	°C
Altitud	3	m.s.n.m
Humedad relativa	84	%
Presión atmosférica	1011	hpPa
Punto de rocío	24	°C
Densidad	1.1418	Kg/m <sup>3</sup>

### Consumo de agua

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día (5 o 6 cubetas grandes) para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene. (Protegidas, 2019).

De acuerdo con el planteamiento del prototipo, con una familia de 5 habitantes en total se puede aproximar a  $100l/hab * dia$ , distribuido en todas las necesidades por cada persona (sanitaria, consumo, lavado, etc.). con el fin de garantizar la obtención del recurso hídrico suficiente para cada familia.

$$Q_{md} = \frac{5 \text{ hab} * 100 \text{ l/hab} * \text{dia}}{86400} = 0,005787 \text{ l/s}$$

De acuerdo con el resultado anterior, se deben generar mínimo 500 litros diarios con el fin de cumplir con las necesidades de una familia de 5 habitantes en la isla de San Andrés.

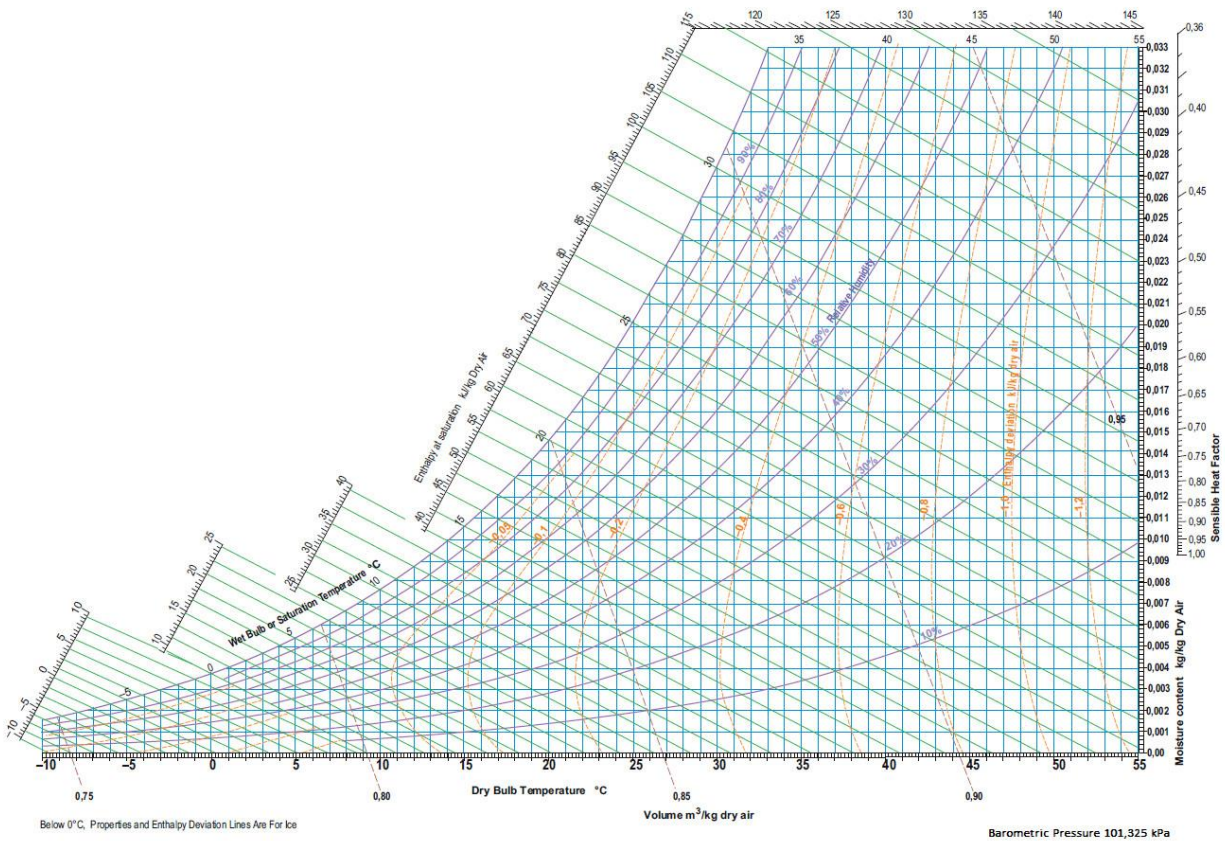
### Carga Térmica

Para el diseño se empleará un tipo de transformación psicométrica llamada enfriamiento y deshumidificación, en donde la corriente de aire se entra contacto con una superficie que cuenta

con una temperatura menor a la del punto de rocío, esto con el fin de disminuir su temperatura y la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el mediante la condensación.

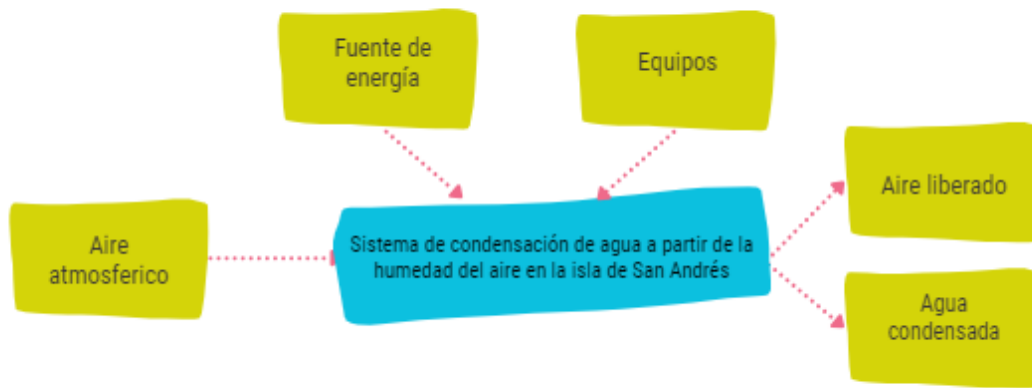
Según lo anterior, se procede a ubicar el punto en cuenta lo anterior se procedió a ubicar el punto de entrada del aire en el sistema:

**1 Ilustración. Diagrama psicrométrico**



**Diseño conceptual**

**2 Ilustración. Diseño conceptual del sistema de condensación**



**Nota:** se presenta el sistema de condensación de agua y los elementos básicos que de él derivan

### Marco de referencia

En la búsqueda en relación con las alternativas de producción de agua potable para poblaciones que sufren de la escasez de este recurso, materia de la presente investigación, se resaltan algunos trabajos:

- **Condensación de la humedad del aire: solución a la escasez de agua en regiones de Colombia como La Guajira y San Andrés Isla**

La Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, desarrolló dos pruebas con el uso de un aire acondicionado modificado en dos sitios distintos en cuanto a ubicación y clima, San Andrés Islas

y Bogotá fueron los privilegiados en ser parte de esta prueba, en donde se propuso dar una solución al problema de escasez de fuentes de agua potable con lluvias escasas y la obtención del agua potable es crítica.

Para este proyecto se eligieron materiales y métodos distintos de acuerdo con las condiciones de cada lugar, Se utilizaron diferentes tipos de refrigerantes, los cuales se determinan por su aporte al rendimiento, calidad y modificación de los equipos. Los resultados de estas pruebas determinan el manejo de este sistema de acuerdo con las condiciones atmosféricas y demuestra el análisis de la eficiencia de acuerdo con las horas específicas para obtener mejores resultados, la ciudad de Bogotá, a pesar de su clima primaveral demostró buenos resultados en un lapso de horas determinadas, al igual que San Andrés islas con su clima tropical.

La tecnología de la condensación del aire es el proceso que prima en esta investigación, generándose satisfactoriamente resultados que aportan al seguimiento del proyecto considerando algunas modificaciones para su rendimiento. (Torres, Contreras, & Ortiz, 2015)

- **Módulo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las energías renovables**

En este proyecto, prima la utilización de energías renovables como fuente de energía para ejecutar el prototipado, un proyecto autosustentable desarrollado en el estado de Sinaloa, en la zona de Mazatlán, con una humedad relativa del 88% a 35°C. Se obtuvo un sistema completo constando de, unidad de condensado, panel solar con regulador de voltaje, banco de acumuladores para el almacenamiento de la energía, un inversor, una turbina para la captación

del aire, generador eléctrico y muchos más componentes que permitieron un correcto funcionamiento.

Sujeto a más evaluaciones de prueba y errores en el equipo para su primera prueba los resultados fueron satisfactorios. (Osuna Peraza, y otros, s.f.)

## **Análisis de restricciones**

### **Ambientales**

- Denegación de permisos y licencias ambientales para las emisiones térmicas del prototipo.

### **Alcance**

- Por el alcance y magnitud del dispositivo, es restringida su construcción y empleabilidad por recursos propios. El tipo de material, equipos y sistema que requiere el prototipo es de un alto costo, por lo tanto, pasar a ejecutar este demandaría una considerable suma de dinero, lo cual no se encuentra disponible en recursos propios por persona.
- La prolongación del tiempo estimado de producción del proyecto se ve relacionada directamente con los costos que se estiman en su planteamiento, generando un posible mayor gasto de capital y en consecuencias graves el fracaso del proyecto.

### **Económicas**

- El uso de un material resistente a la salinidad y demás condiciones ambientales que se pueden presentar en San Andrés Islas (lluvia, sequía, fuertes brisas) puede representar un

mayor gasto, ya que se debe garantizar un buen funcionamiento y una larga vida productiva del sistema.

### **Socioculturales**

- La implementación de nuevas tecnologías puede ser un reto de aceptación en la sociedad, en este caso habitantes de la tercera edad, los cuales pueden llegar a rechazar el uso u operación del dispositivo por falta de costumbre y como forma de amenaza a su rutina diaria.
- En caso de requerir apoyo del gobierno departamental, el proyecto podría verse en juego por interés políticos, los cuales si no ven beneficio propio pueden evadir la consideración de poner el proyecto en marcha para una mejora a nivel departamental y contribuir a la reducción de las necesidades hídricas actuales.

### **Metodología para la selección y desarrollo de la solución**

Las posibles soluciones se basan en buscar una alternativa de mejora del método planteado sin intervenir en los costos.

**Ambientales:** Realizar estudios de aire y evaluación de impacto ambiental que genera el prototipo (materiales y equipos) y gas refrigerante, demostrando su mayor eficacia y menor impacto por el tipo de equipamiento y herramientas que utiliza en pro del bienestar de la población.

**Alcance:** Plantar un capital con costos adicionales como alternativa a alguna dificultad presentada en periodos de construcción, prueba o ejecución final. Así mismo, no usar tiempos estrictos de ejecución, mantener un espacio adicional como alternativa.

**Económica:** Por condiciones meteorológicas de la zona y sus necesidades de garantizar un producto adecuado a este, cotizar el material de menor costo para su implementación y así optimizar los precios en el análisis de costos.

### **Socioculturales:**

Por motivos culturales rutinarios de los habitantes de la isla de San Andrés, se considera un rechazo por parte de la población de tercera edad por la falta de costumbre a las nuevas tecnologías.

En el campo político, evitar recurrir a esas fuentes por riesgo de nunca cumplirse o alcanzarse la ejecución del proyecto en beneficio de los habitantes de la isla de San Andrés.

**Análisis de costos**

Para el análisis de costos del presente proyecto se tendrá en cuenta factores como los costos de material, costos de los equipos necesarios, costos de mano de obra, costos de fabricación y costos adicionales, tales como el espacio de construcción y almacenamiento del equipo individual.

**Costos directos**

Aquí se contemplan los costos de equipo, construcción, instalación y materiales adicionales a los equipos del sistema

- **Equipos**

*Tabla 2. Equipos para construcción de prototipo*

<b>Equipo</b>	<b>Referencia</b>	<b>Marca</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario COP</b>	<b>Total COP</b>
Ventilador	HXBR	HXBR ECOWATT	2	\$507,729	\$1,015,458
Compresor	HVAC, 7,5 hp, SH090A9AL C	Danfoss	1	\$3,056,030,21	\$3,056,030,21
Intercambiador de calor (condensador)	Acero inoxidable		1	\$1,148,000	\$1,148,000

Válvula de expansión	068z3206-R22/407	Danfoss	1	\$399,990,00	\$399,990,00
Válvula antirretorno		Truper	4	\$17,550,00	\$70,200,00
Transmisor de humedad	THD-R-C	Autonics	1	\$1,005,181	\$1,005,181
Interruptor de nivel		ELECTRONIC AS A.F.G.	1	\$40,000,00	\$40,000,00
Tanque de almacenamiento	660L	Rotoplast	1	\$479,900,00	\$470,900,00
Panel solar	550 w		3	1,190,000,00	\$3,570,000
<b>Total</b>					<b>\$10,775,759</b>

- **Materiales**

**Tabla 3. Materiales para prototipo**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario COP</b>	<b>Total COP</b>
Lamina de acero inoxidable	9u	\$200,000,00	\$1,800,000
Cubierta de ventilador de malla	2u	\$4,266,00	\$8,532,00

Perfil tipo L	70m	\$20,000,00	\$140,000,00
Tubería de acero inoxidable	25m	\$112,693,00	\$2,817,325
Codo de acero inoxidable	4u	\$9,400,00	\$37,600,00
Bushing reductor de acero inoxidable	8u	\$15,000,00	\$120,000,00
Fundente	5u	\$13,000,00	\$65,000,00
Soldaduras estaño	2 rollos	\$115,000,00	\$230,000,00
Varilla aporte acero inoxidable	5 kg	\$64,000,00	\$320,000,00
Pipeta refrigerante	1 x25 kg	\$410,000,00	\$410,000,00
Soporte estante de acero inoxidable	4u	\$33,710,00	\$134,840,00
Tubo cuadrado de acero inoxidable	4u	\$31,949,00	\$127,796,00
Total			\$6,211,093

- **Construcción e instalación por prototipo**

*Tabla 4. Valores para construcción de prototipo*

Actividad	Cantidad	Valor unitario	Total
-----------	----------	----------------	-------

			<b>COP</b>
Mano de obra	2 hombres	\$200,000,00	\$400,000
Soldador	1	\$150,000,00	\$150,000,00
Adecuación eléctrica y mecánica	2	\$200,000,00	\$400,000,00
Total			\$950,000

**Nota:** En la anterior tabla se calculan los costos de construcción e instalación de la unidad de equipo de acuerdo con la mano de obra necesaria.

### Costos fijos

Los costos por evaluarse a continuación se deben al uso del espacio adecuado durante 1 año para la construcción los prototipos en la isla de San Andrés.

**Tabla 5. Costos fijos del proyecto**

<b>Concepto</b>	<b>Tiempo de uso</b>	<b>Costo mensual</b>	<b>Total (1 año)</b>
Servicios públicos	1 año	\$400,000,00	\$4,800,00
Arriendo	1 año	\$2,000,000	\$24,000,000
Transporte	1 año	\$150,000,00	\$1,800,000
Total			\$30,600,000

**Nota:** En la anterior tabla, se calcula el costo total del espacio de operaciones necesaria para la construcción, almacenamiento y operaciones de los equipos.

### **Capital de trabajo**

De acuerdo con el alcance del proyecto a nivel departamental se cuentan con dos alternativas, de las cuales se evalúa la mejor opción.

- Presentar proyecto a nivel nacional

Esta idea, pretende centrar la problemática ambiental y social que vive la isla de San Andrés antes los ojos del gobierno nacional el cual es consciente de este y puede ver esta opción como un potencial de avance e innovación sostenible para el país y la isla.

Siendo la isla un territorio étnico protegido, existen fondos y espacios para resolver problemas a través de proyectos. Se considera un recurso invaluable presentar este potencial proyecto para su aceptación y ejecución.

- Presentar proyecto ante autoridad departamental y entidades correspondientes

Como segunda alternativa, se dispone de una organización de base étnica raizal y se presenta el proyecto de condensación de humedad del aire para la isla de San Andrés, como solución disyuntiva a la problemática que vive la población año tras año sin ningún tipo de solución viable y de largo plazo.

### **Costos totales**

#### **Costo total por cada prototipo**

#### ***Tabla 6. Costos por prototipo***

Concepto	Valor COP
Equipos	\$10,775,759
Materiales	\$6,211,093
Construcción e instalación	\$950,000
<b>Total</b>	<b>\$17,936,852</b>

**Costos de mantenimiento**

*Tabla 7. Costos de mantenimiento de cada prototipo*

Actividad	Cantidad	Valor unitario COP	Total COP
Mantenimiento	4 horas	\$100,000	\$100,000
Materiales (eléctricos + ensamble)	1 kit/año	\$500,000	\$500,000

**Nota:** se presentan los costos de mantenimiento cada 2 meses del equipo

**Costos de operación**

*Tabla 8. Costos de operación del equipo*

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total/día COP	Total/año COP
Corriente	kW	50,7	\$1,600	\$81,120	\$29,608,800

eléctrica					
-----------	--	--	--	--	--

**Costo total proyecto**

En beneficio de las familias San andresanas, se estima brindar solución a la población en condiciones de necesidad del recurso vital que se encuentran distribuidas en total de población de isla, la cual es de 59.209 proyectados para el año 2023 por el Dane (DANE, 2020). Se estima un comienzo con un aproximado de 50 hogares constituidos por 5 hab.

**Tabla 9. Costo total proyecto por cada prototipo**

Concepto	Cantidad	Valor COP
Costo total equipo	1 u	\$17,936,852
Costos mantenimiento	1 año	\$3,600,000
Total		\$21,536,852

Se estima una inversión por equipo de un total de \$21,543,082 de pesos COP para su funcionamiento de 1 año del sistema de condensación de agua a partir de la humedad del aire en la isla de San Andrés.

**Tabla 10. Costos fijos del proyecto**

Costos fijos proyecto	1 año	\$31,200,000
	1 mes	\$2,600,000

**Nota:** costos incluyen valor de servicios públicos, arriendo y transporte para la construcción, almacenamiento y acondicionamiento de los equipos por el periodo de (1) año y el valor mensual del mismo.

**Tabla 11. Costo total de inversión por prototipo**

Costo equipo	Costo fijo (mes)	Total de inversión COP
21,536,852	\$2,600,000	\$24,136,852

**Nota:** Análisis final de costo por equipo incluyendo la tarifa de los costos de servicios públicos, almacenamiento y transporte de acuerdo con la necesidad presentada.

Con el fin de evaluar la factibilidad del presente proyecto, el cual está dirigido a la solución de una necesidad de carácter social, se realiza un análisis de costos y efectividad para así visibilizar su rentabilidad a los inversores del proyecto.

El proceso que se realiza para llevar a cabo el estudio adecuado de los costos se rige bajo la determinación de los costos que añadimos a las etapas de construcción, instalación, maniobra y mantenimiento del prototipo, luego se determinan las unidades de medida bajo la cuales rigen los cálculos necesarios para el análisis y así determinar el beneficio en retorno.

Cálculo del costo promedio del servicio:

$$CS = \frac{CO}{NS}$$

CS = COSTO SERVICIO

CO = COSTO OPERACIÓN (ANUAL)

NS = NUMERO SUSCRIPTORES

$$CS = \frac{\$29,608,800}{50} = \frac{\$592,176}{\text{Suscriptor/año}}$$

$$\frac{\$592,176}{12} = \$49,348$$

El valor mensual por pagar por suscriptor (familia) será de \$49,348 pesos COP de acuerdo al consumo en operaciones del sistema.

### **Tasa de retorno**

La presente, pretende analizar la tasa de retorno de inversión teniendo en cuenta el costo de inversión y el costo del servicio (ingresos) por 50 hogares (familias) en la isla de San Andrés por un (1) año de actividad.

$$ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} * 100$$

$$ROI = \frac{\$29,608,800 - \$24,136,852}{\$24,136,852} * 100 = 22,6\%$$

Viendo los resultados del cálculo de la tasa de retorno de inversión, se considera una alternativa viable con beneficios económicos, sociales y ambientales, observando un interesante porcentaje de ganancia en retorno al inversionista de este proyecto.

### **Análisis de resultados**

De acuerdo con las cifras expuestas con los cálculos debidos, podemos considerar una tasa de retorno al inversionista del 22% por cada prototipo fabricado y puesto en marcha a disposición de la comunidad étnica raizal siendo esta una cifra positiva e interesante. Para una inversión de

\$24,136,852 anual y en retorno se dispone a \$5,310,107 anual por prototipo, resaltando un bajo costo en mantenimiento gracias a los materiales resistentes a las condiciones climáticas de la zona, no se considera la necesidad de una reinversión o aumento de la cifra de inversión inicial.

La empleabilidad de los paneles solares en marco del sistema de condensación de la humedad del aire permitirá el ahorro en consumo de un sistema convencional conectado directamente a la corriente eléctrica de los hogares. El costo del servicio frente a los beneficios ambientales y económicos de los hogares de \$49,348 es una cifra relativamente baja teniendo en cuenta los materiales y equipos necesarios para el buen funcionamiento del sistema, siendo este una alternativa de mejora para la población en general, por ser un sistema de bajo costo y con garantía de la disposición diaria del recurso hídrico necesario por cada familia, llegando a su vez a una concientización ambiental sobre el ahorro y cuidado del recurso hídrico.

La producción autónoma de agua por hogar en la isla de San Andrés, se considera una alternativa viable en ámbitos económicos, ambientales y sociales, permitiendo una escala significativa entorno a tecnologías a nivel nacional.

## **Conclusiones**

De acuerdo con las condiciones meteorológicas de la zona y las necesidades de la población, se determinan los métodos de condensación del agua y los factores de posible obtención. Se establecieron parámetros necesarios para el diseño adecuado del sistema y su correcto

funcionamiento y garantía, implementando un método conocido de eliminación de sales presentes en el agua en su proceso final para garantizar un buen producto a la población isleña.

Se cumplieron satisfactoriamente con los objetivos del proyecto, en donde se logra un estudio y evaluación de las condiciones en el área de influencia de la implementación del prototipo objetivo, se logra el diseño adecuado frente a las condiciones y necesidades de cada familia isleña y con la ayuda de equipos de alta eficiencia en el mercado se logra optimizar costos y procesos finales en la puesta en marcha del proyecto basado en factores como, mantenimiento, costos, tamaño y ubicación correcta.

Para la elección de los materiales, equipos y procesos se realizó un análisis comparativo de eficiencia de cada elemento y resistencias a condiciones climáticas específicas de la zona.

Se analizó el proyecto en ámbito económico para globalizar un posible gasto por prototipo y así considerar futuras mejoras para optimización de costos y diseño de acuerdo con este. Derivado de los valores, se puede determinar beneficio entorno al inversionista, patrocinador ejecutivo y población beneficiada.

Como mejora futura del prototipo, se estiman equipos más innovadores y óptimos para el desarrollo de cada proceso individual en beneficio a una reducción en materiales, equipos, gastos adicionales, etc.

## Referencias

Ana L. Bautista-Olivas, J. L.-S.-V.-V. (2011). Obtenido de

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952011000300003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300003)

*fundacion aquae*. (23 de 03 de 2023). Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cuanta-agua-hay-en-el-mundo/>

INVEMAR, CORALINA. (2012). Obtenido de

<http://www.invepar.org.co/redcostera1/invepar/docs/10447AtlasSAISeaflower.pdf>

Jimenez, T. G. (2019). CRISIS DEL AGUA, TURISMO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA ISLA DE SAN ANDRÉS. *UNIVERSIDAD DEL EXTERNADO*.

Lunazzi, E. (17 de 04 de 2016). Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16565657>

Lunazzi, E. (17 de Abril de 2016). *El tiempo*. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16565657>

Osuna Peraza, S. S., Suarez Lizárraga, G. d., Osuna Peraza, E. F., Peraza Garzón, Á., Ortega

Huizar, G., & Gutiérrez Aguilar, R. (s.f.). Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7107390>

Torres, M. D., Contreras, J. G., & Ortiz, A. M. (Septiembre de 2015). Obtenido de

<https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/118>

Mejía, M. (2020) *Escasez de Agua en pandemia: Otros problemas que enfrenta san andrés, Plaza Capital*. Available at: <https://plazacapital.co/conexiones/5112-la-falta-de-acceso-a-agua-potable-en-la-isla-es-una-situacion-que-se-viene-dando-desde-mucho-antes-de-la-pandemia-pero-que-en-la-actualidad-representa-un-riesgo-de-contagio-adicional-afectando-sobre-todo-a-las-personas-que-residen-en-la-zona-rural#:~:text=Escasez%20de%20agua%20en%20pandemia%3A%20otros%20problemas%20que%20enfrenta%20San%20Andr%C3%A9s,-Conexiones&text=La%20falta%20de%20acceso%20a,residen%20en%20la%20zona%20rural>. (Accessed: 06 June 2023).

Guerrero, T. (2019). *Crisis del agua, Turismo y Variabilidad Climática en la Isla de San Andrés*. Turismo y Sociedad. <https://www.redalyc.org/journal/5762/576262996006/html/>