

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO A ESCALA PILOTO DE UN SISTEMA DE
CAPTACIÓN DE AGUA MEDIANTE LA CONDENSACIÓN DE LA HUMEDAD DEL
AIRE EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO URIBÍA-GUAJIRA**



MARIA ELENA DIAZ GALBIS

KEYLY KATHERINE DIAZ VANEGAS



**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO A ESCALA PILOTO DE UN SISTEMA DE
CAPTACIÓN DE AGUA MEDIANTE LA CONDENSACIÓN DE LA HUMEDAD DEL
AIRE EN EL ÁREA RURAL DEL MUNICIPIO URIBÍA-GUAJIRA**

2

**MARIA ELENA DIAZ GALBIS
KEYLY KATHERINE DIAZ VANEGAS**

**Anteproyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero
Ambiental y Sanitario**

**JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO
DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO REFERENCIAL	18
4.1 ANTECEDENTES	18
4.2 MARCO TEORICO	23
4.2.1 El agua como recurso natural	23
4.2.2 Una perspectiva global de la escasez del agua	23
4.2.3. El agua en la atmosfera y el ciclo hidrológico	25
4.2.4. Tiempo y humedad atmosférica	27
4.2.5. Obtención y generación de agua a través de la condensación	27
4.3 MARCO CONCEPTUAL	29
4.4 MARCO CONTEXTUAL	31
4.4.1. Localización	31
4.5 MARCO LEGAL	33
5. MARCO METODOLÓGICO	37

5.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	37
5.1.1. SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	37
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	37
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	38
5.5. MUESTRA	38
5.6. FASE DE PLANIFICACIÓN.....	38
5.6.1. FASE 1. Diagnóstico de la línea base socioambiental del área de influencia del proyecto.....	38
5.6.1.1. Actividad 1.1.....	38
5.6.2. Fase II: Diseño e implementación de un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto.....	40
5.6.3. Fase III: Evaluación de la eficiencia del prototipo de captación de agua a escala piloto	44
5.6.4. Fase IV: Definición de acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua.....	44
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
6.1. Fase 1. Diagnóstico de la línea base socioambiental del área de influencia del proyecto.	45
6.2. Fase II: Diseño e implementación de un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto.	57
6.3. Fase III: Evaluación de la eficiencia del prototipo de captación de agua a escala piloto.	65
6.4. Fase IV: Definición de acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua.	68

7. CONCLUSIONES.....	69
8. RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72

LISTA DE FIGURAS

figura 1. Ciclo hidrológico	26
figura 2. Localización del barrio Apiamana en Uribí.	33
Figura 3. Diseño del prototipo del sistema de captación.	42
Figura 4. Resultado de la velocidad del viento.	47
Figura 5. Irradiación global horizontal medio diario anual.....	49
Figura 6. Temperatura del municipio de Uribia, La Guajira.....	50
Figura 7. Temperatura media anual.	52
Figura 8. Humedad Relativas en Uribia, La Guajira.	53
Figura 9. Precipitación del municipio Uribia, La Guajira.....	55
Figura 10. Volúmenes de precipitación en Guajira Uribia	56
Figura 11. Precipitación total anual.	56
Figura 12. Diseño del prototipo del sistema de captación.	58
Figura 13. Funcionamiento del sistema de captación.....	59
Figura 14. Prototipo a escala piloto del sistema.....	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos generales de Uribí.	32
Tabla 2. Marco legal.....	33
Tabla 3. Resultados de la velocidad del viento.....	46
Tabla 4. Media mensual de irradiación incidente en Uribia, La Guajira.	49

Tabla 5 . valores promedio de temperatura para el municipio de Uribia, La Guajira durante los últimos 30 años (1989-2019).	50
Tabla 6. promedio anual en el punto de monitoreo del aeropuerto Puerto Bolívar a una altitud de 10 m.s.n.m en el municipio de Uribia durante los últimos 7 años (2013-2019)	53
Tabla 7. Condiciones ambientales que influyen en el volumen de agua del sistema de captación. 60	
Tabla 8. Definición de metas y objetivos para la óptima operación del sistema de captación.	63
Tabla 9. Captación de agua atmosférica.	65
Tabla 10. evaluación del sistema de captación de agua atmosférica.	67



AGRADECIMIENTOS

Un sinfín de emociones embargan mi ser, agradecida principalmente con DIOS por permitirme culminar satisfactoriamente mi carrera profesional, con mis padres Soraida y Rafael por ser mi respaldo en todo momento y no dejarme rendir, con mi hijo Efraín Daniel por ser mi mayor motivación y mis ganas latentes por construir un mejor futuro para los dos, con mi hermana Ana María por estar presente, este logro es con amor para ustedes.

Keyly Katherine Díaz Vanegas

Primeramente gracias a Dios por permitirme culminar plácidamente mi carrera profesional, a mis padres Juan Carlos Diaz y Sandra Galbis por ser mi apoyo incondicional, a Luis Mario Ospino e hija Alana Ospino Díaz por ser el pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos Karol Viviana Díaz Galbis y Carlos Andrés Díaz Galbis por ser mi ejemplo a seguir, sin dejar pasar en alto cada una de las personas que de gran manera contribuyeron para hacer este sueño realidad, a mis compañeros en especial Derlys Daza, Gabriel Carvajal y keyly Díaz por apoyarnos en situaciones y obstáculos que se nos presentaron a lo largo de esta vida universitaria; aunque muchas veces quise desistir, lo insistí y hoy por hoy persistí; me siento muy orgullosa en lo que he trabajado para estar hoy donde estoy, seguiré trabajando por ello para ser mejor cada día.

Estoy muy agradecida con absolutamente todo, me siento realizada por este gran logro en mí vida y una vez más puedo decir, ¡gracias Dios, gracias vida, los sueños si se cumplen! Con amor.

María Díaz Galbis

RESUMEN

Introducción. En algunas zonas del país la carencia de agua potable obliga a las autoridades, comunidades y grupos de investigación la creación de alternativas que permitan suplir las necesidades de las personas, una de estas es la captación de agua atmosférica en el municipio de Uribía, La Guajira. **Objetivo.** Diseñar un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua mediante la condensación de la humedad del aire en el área rural del municipio Uribíaguajira. **Metodología.** Se establecieron por fases, siendo la primera un diagnóstico de la zona de estudio en cuanto a los parámetros hidrometeorológicos, luego se planteó el diseño del prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua, se evaluó su eficiencia por medio de la cantidad de agua captada y, finalmente, se elaboraron las acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua. **Resultados.** El diseño del prototipo total fue de alto de 4 metros, altura de la malla de 2 metros, un acho de 2 metros. El recolector tenía una capacidad de 4 litros, y la canaleta tuvo un diámetro de 3 pulgada. En lo que respecta a la eficiencia del sistema propuesta cabe mencionar que el prototipo con malla de propileno fue el que tuvo mejor eficiencia dado que logró captar durante el periodo analizado (05 de sept hasta el 03 de nov) 275 ml de agua, mientras que los otros dos con malla de toldillo y tela negra de geo textil tuvieron volúmenes de captación de 145 ml y 80 ml respectivamente. **Conclusión.** Aunque este evaluado es una alternativa para sistema la captación de agua mediante la condensación de la humedad del aire en Uribía, La Guajira no lo es debido a las condiciones ambientales que dificultan su operación.

Palabras clave: captación de agua; humedad, neblina.



ABSTRACT

Introduction. In some areas of the country, the lack of drinking water forces the authorities, communities and research groups to create alternatives that allow meeting the needs of people, one of these is the capture of atmospheric water in the municipality of Uribia, La Guajira. Goal. Design a pilot-scale prototype of a water collection system through the condensation of air humidity in the rural area of the Uribia-Guajira municipality. Methodology. They were established in phases, the first being a diagnosis of the study area in terms of hydrometeorological parameters, then the design of the prototype on a pilot scale of a water collection system was proposed, its efficiency was evaluated by means of the amount of collected water and, finally, the preventive, corrective and improvement actions were developed to guarantee the optimal functioning of the water collection system. Results. The total prototype design was 4 meters high, 2 meters mesh height, 2 meters wide. The collector had a capacity of 4 liters, and the gutter had a diameter of 3 inches. Regarding the efficiency of the proposed system, it is worth mentioning that the prototype with propylene mesh was the one that had the best efficiency since it managed to capture during the analyzed period (September 5 to November 3) XXXX liters of water, while the other two with mesh netting and black geotextile fabric had collection volumes of XXXX liters and XXXX liters, respectively. Conclusion. Although this evaluation is an alternative for the water collection system through the condensation of air humidity in Uribia, La Guajira is not due to the environmental conditions that make its operation difficult.

Keywords: water catchment; humidity, mist



INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo el hombre en su devenir cotidiano se ha presentado con un sinnúmero de fenómenos que afectan su supervivencia, uno de los más evidentes es la escasez del agua. La ausencia de abastecimiento del recurso hídrico se ha posicionado como uno de los fenómenos con mayor incidencia en la sociedad, lo cual ha generado que organismos internacionales como la ONU, propendan por implementar políticas tendientes a mitigar y prevenir la problemática en mención.

Colombia no es ajena a la realidad en mención, debido a que se estima que un tercio de su población urbana se encuentra afectada por “estrés hídrico”, por lo cual manifiesta el IDEAM que actualmente “391 municipios se encuentran expuestos al riesgo de sufrir escasez de agua”, de los cuales se precisa que si no se toman las prerrogativas necesarias otros correrán la misma suerte. A pesar de que existan leyes, políticas y resoluciones que propendan por un óptimo uso, adecuado abastecimiento y acciones mitigadoras, lo evidente es que, en varios municipios del país, el diseño se encuentra muy alejado de la implementación. (El país, 2020)

Ahora bien, en el departamento de la Guajira, municipios como Uribía experimentan la misma problemática, debido a que predomina un excesivo grado de dificultad para adquirir agua potable, lo cual lleva a la población abastecerse de agua mediante su compra o alternativas como jagüeyes y pozos.

Con el presente trabajo de investigación se pretende diseñar e implementar un prototipo a escala piloto mediante la condensación de la humedad en una vivienda ubicada en el barrio Aipiamana de Uribía, lo anterior como alternativa de abastecimiento del recurso hídrico que les permita a los residentes de la vivienda cubrir la demanda de agua requerida. Dicha investigación se realizará bajo un método de investigación experimental, con estudios correlacionales los cuales permiten analizar variables independientes y su efectivo vinculo en un contexto en común. La investigación se llevará a cabo en 4 fases, las cuales corresponde a: 1. En primera medida realizar un diagnóstico de la línea base socio ambiental del área de influencia del proyecto. Posteriormente, en la segunda fase, se realizará el diseño e implementación de un prototipo a escala piloto de un

sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto; como tercera fase se elaborará una evaluación y seguimiento de la eficacia del prototipo de captación de agua a escala piloto y, por último, se establecerán acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua en la vivienda escogida.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo, la escasez del agua se ha convertido en una de las problemáticas con mayor incidencia a nivel mundial, debido a que las poblaciones afectadas no son específicas, sino que un gran porcentaje de la comunidad global experimenta la dificultad en mención. Según el informe proferido por el PNUD en 2006, la quinta parte de la población del mundo experimenta escasez física del recurso hídrico, como también una cifra de 500 millones de personas se enfrentan a una crisis económica del agua.

Ahora bien, el fenómeno en estudio, no solo se adjudica a problemas directamente relacionados con la naturaleza, debido a que el compendio de acciones del ser humano ha contribuido con la escasez de fuentes hídricas; el consumo del agua para el siglo XXI aumentó en un ritmo dos veces superior al crecimiento de la tasa demográfica, y a su vez la indebida distribución, desperdicio a grandes escalas y contaminación, han contribuido en la carencia del recurso prenombrado. (PNUD, 2006)

Colombia ha sido catalogado como uno de los mejores países posicionados geográficamente, debido a que su biodiversidad es altamente considerable y posee grandes fuentes hídricas como ríos, lagos, lagunas, entre otros; Sin embargo lo anterior no es óbice para afirmar que en el país se evidencia un gran porcentaje de escasez en varios de sus departamentos; La guajira ha sido catalogado como el departamento con mayor pobreza rural de Colombia, en la cual se ha presenciado una grave crisis humanitaria por ausencia de agua potable, puesto que, la mayoría de la población no tiene acceso a este recurso. Por lo anterior la Corte Interamericana de Derechos Humanos (CIDH), emitió un compendio de medidas cautelares ordenando a Colombia, la protección del alta guajira, a fin de mitigar dicha problemática; no obstante, la Corte constitucional ha afirmado que las autoridades locales no han acatado la mencionada directriz internacional, por lo cual, el problema de escasez de agua sigue presente en la población. (El tiempo, 2019).

Aunado a lo anterior, las provisiones del agua a todo el departamento son poco favorables. Una de las formas que utilizan para abastecerse de agua son los jagüeyes, sin embargo, el recurso hídrico

se usa, principalmente, para los cultivos y para los animales, por lo tanto, no es apta para el consumo humano. Otra forma de provisión de agua son los pozos profundos hechos por la comunidad, sin embargo, usualmente el agua es salobre y posee alto contenido de minerales que tampoco permiten que sea apta para el consumo humano.

Según el estudio nacional del agua proferido por el IDEAM, sobre las Cabeceras municipales susceptibles al desabastecimiento en temporada seca y potencialidad de uso de aguas subterráneas, se observa que el municipio de Uribía, la guajira, es uno de los más golpeados por esta problemática, dado que, ha sido categorizado con un tipo de vulnerabilidad “Alta” en Condiciones hidrológicas de año medio y seco; a su vez, dicha corporación reconoce que la principal fuente de abastecimiento del municipio, son pozos subterráneos y la población mayormente afectada se encuentra en la zona urbana y rural. (ideam, 2018).

Por su parte, la comunidad ha vociferado las precarias condiciones en las que se encuentran en materia de abastecimiento de agua, así como sostiene, María Isabel Epiayu, líder indígena, que habita en la zona rural del municipio de Uribía, precisando que la mayor necesidad que poseen es la ausencia de agua, debido a que la mayoría de la población no tiene acceso a la misma, por lo cual, les toca recurrir a la “compra de agua” donde la pimpina tiene un costo de “500 o 1.000 pesos” (Canal 1, 2018)

Al sur del municipio, se encuentra ubicado el barrio Aipiamana, cuya extensión es de 493.5 hectáreas, en las cuales habitan alrededor de 850 personas pertenecientes a 150 familias; el barrio en mención no es ajeno a la problemática que aborda a todo el municipio, la cual radica en la dificultad de acceso al agua potable y la deficiencia en la infraestructura del sistema de distribución del recurso hídrico (Plan Municipal de Uribía, 2016- 2019). Lo anterior genera en el barrio prenombrado, la evidente escasez de agua destinada al consumo doméstico y riego, dificultando el cultivo de la tierra, el aumento de las precarias condiciones en el alimento de animales y la generación de problemas de salud en la comunidad; situación que conlleva a la población del barrio Aipiamana a recurrir a la compra de agua, o al mecanismo de abastecimiento a través de aguas de jagüeyes y pozos, los cuales quedan a una distancia considerable y no son fuente potable de agua.

Es menester precisar que los residentes de la vivienda escogida para el presente proyecto, vivifica día a día el problema de acceso al agua, debido a que aseguran que se ven obligados a la compra de pimpinas de agua para poder consumirla, por lo cual, semanalmente compran 500 litros de agua por un monto de \$12.000, el cual asciende a la suma de \$48.000 al mes, ya que el recurso hídrico que se les suministra es salobre.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Puede el diseño y la implementación de un sistema de captación de agua mediante la condensación de la humedad del aire, mitigar la escasez del agua en una vivienda del barrio Aipiamana en Uribí-Guajira?



2. JUSTIFICACIÓN.

El abastecimiento del recurso hídrico en el departamento de la Guajira es deficiente, ya que no existe una estructura de distribución de agua eficaz que logre satisfacer la demanda y las necesidades de la comunidad, por lo tanto, la escasez del recurso hídrico en distintos municipios como Uribí, se ha convertido en un riesgo altamente peligroso para la salud y la vida de los habitantes, específicamente en la zona rural, dentro de ellos el barrio Aipiamana.

Así como se expuso con anterioridad, el modo por medio del cual los habitantes adquieren el agua, es mediante pozos y jagüeyes que solo disponen de agua salobre, y en el mejor de los casos a través de la compra de pimpinas en acueductos o en carro tanques que lleguen a la zona ; lo anterior con ocasión a que el agua disponible, no es apta para el consumo humano (potable), por lo cual es de gran importancia, diseñar e implementar una nueva alternativa que conlleve a una posible solución de la problemática que aborda a la sociedad en estudio, satisfaciendo sus necesidades y en los mismos términos, se procure cubrir la demanda de agua que requiere la fauna y flora de la zona.

El presente proyecto de investigación propende por plantear una alternativa tendiente a mitigar la problemática de escasez de agua que se presenta en una vivienda ubicada en el barrio Aipiamana, en el municipio de Uribí-Guajira, debido a que actualmente no existen alternativas favorables para esta zona. Con el diseño y la implementación del prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua, se acapará una cantidad considerable de litros de agua por día, que se encuentran condensados en la humedad del aire, logrando después de los procesos requeridos, la destinación del recurso hídrico a la vivienda ubicada en el barrio en mención, atenuando la problemática planteada y cubriendo en gran proporción un porcentaje de la demanda requerida por los residentes de la vivienda.

La importancia de esta investigación radica en ampliar los mecanismos de abastecimiento de agua para las zonas que experimentan una grave ausencia del recurso hídrico, debido a que es evidente que la región actualmente no solo se encuentra afectada por desabastecimiento de agua, sino que ello ha desencadenado problemas de índole socioeconómicos y afecciones a la salud, tales

como enfermedades producto del consumo de agua no potable y consumo de los límites por debajo de los requeridos.

El fundamento del diseño e implementación de este prototipo es plantear un diseño sostenible en el tiempo, que no sea costoso, que permita suplir una necesidad básica como lo es proporcionar agua apta para el consumo humano y para las diferentes actividades que se requieren en la cotidianidad.



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua mediante la condensación de la humedad del aire en el área rural del municipio Uribí-guajira.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la línea base socio ambiental del área de influencia del proyecto.
- Diseñar e implementar un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto.
- Evaluar la eficiencia del prototipo de captación de agua a escala piloto.
- Elaborar acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES.

Ballesteros et al. (2018), desarrollaron la investigación titulada **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN ATMOSFÉRICO DE AGUA POTABLE PARA LOS HABITANTES DE LA VEREDA PARAMÓN EN EL MUNICIPIO DE PULÍ, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**; para optar al título de especialista en formulación y evaluación social y económica de proyectos en la Universidad Católica de Colombia, con la finalidad exponer un proyecto que propenda por generar agua potable a las comunidades con gran alto de vulnerabilidad, mediante un sistema eficiente acorde a las condiciones climatológicas características de cada región, a fin de mitigar la problemática asociada a la ausencia de recurso hídrico de la población estudiada. Esta investigación se desarrolló en tres etapas; en la ETAPA 1: los investigadores identificaron las condiciones sociales, económicas e institucionales del municipio Pulí, departamento de Cundinamarca. En la ETAPA 2: en segunda instancia, los autores establecieron las variables requeridas para la implementación del sistema de generación atmosférico de agua potable para los habitantes del municipio en estudio. Por último, en la ETAPA 3: los investigadores determinaron la viabilidad en el aspecto financiero de elaborar un sistema de generación atmosférico de agua potable para la comunidad de la vereda Paramón del municipio Pulí, en Cundinamarca. Los resultados de esta investigación consistieron en determinar que el municipio estudiado, en específico la vereda de Paramón, cuenta con las condiciones atmosféricas necesarias para la implementación de un sistema generador atmosférico de agua potable para sus habitantes, debido a que después de un análisis cuantitativo se pudo evidenciar que en la zona existe una capacidad de producción entre 1.000 y 1.500 litros/día ; así mismo con un equipo generador a gran escala, con la humedad presente en la zona podría generarse hasta 11.500 litros diarios de agua, de lo anterior se colige que al tener la vereda un número pequeño de habitantes y una dispersión entre ellos hay factibilidad respecto a la operación técnica del producto y la satisfacción de las necesidades básicas de la zona. Los aportes directos de la investigación es la metodología que se utilizó para calcular la factibilidad de la realización de un sistema generador atmosférico de agua potable para una vereda que cumple con las condiciones atmosféricas y cuyo abastecimiento de recurso hídrico es precario; así mismo los autores realizaron una comparación de factibilidad

entre la vereda, un municipio de choco y una ranchería de la Guajira, aspecto que es de gran utilidad para la presente investigación. Esta investigación es necesaria debido a que constituye un precedente sobre la posibilidad de implementar sistemas generadores de agua potable en zonas que cumplan las condiciones climáticas requeridas, a fin de mitigar la problemática de escasez de agua.

Girano M. (2019), desarrolló la investigación titulada **ELABORACIÓN DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA COMO FUENTE POTENCIAL PARA LA GENERACIÓN NO CONVENCIONAL DE AGUA POTABLE**; para optar al título de ingeniero ambiental en la Universidad Privada del Norte de Lima-Perú, con la finalidad de elaborar una sistema de abastecimiento de agua, a través de la condensación del vapor atmosférico, mediante el uso de un deshumidificador domestico comercial que permite extraer la humedad del aire. Esta investigación se desarrolló en 3 etapas; en la ETAPA 1: el investigador se encargó de diseñar el sistema de captación de humedad atmosférica. En la ETAPA 2: seguidamente el investigador analizó las condiciones relacionadas a las variables de la calidad microbiológica, organolépticas y parasitorios químicos orgánicos e inorgánicos del agua captada. Por último, en la ETAPA 3: el autor Cotejo los resultados obtenidos después de tratar el agua captada, es decir, en la etapa post-tratamiento, a fin de corroborar que se cumplan los requisitos de calidad de agua, para consumo humano según DS N° 031-2010-SA por el sistema de captación de humedad atmosférica. Los resultados obtenidos de la investigación consistieron en determinar que pudo llevarse a cabo el diseño de un sistema de abastecimiento de agua por medio de condensación de vapor atmosférico luego de aplicar un procedimiento que consistió en la captación de agua en fase liquida, para luego pasarla por un circuito de esterilización adaptado al deshumidificador con lámpara UV 8w y filtro de carbón activado de t5 micras; así mismo se corrobore que con las muestras recolectadas se cumple con la cantidad de agua por meses del año con relación a la temperatura y humedad requerida demostrando que el proyecto en mención resulta viable financieramente con respecto a otros métodos convencionales. Los aportes directo de la investigación es el procedimiento que utilizó el investigador para la elaboración del sistema de captación de humedad atmosférica para abastecimiento de agua potable con el uso de un captador de humedad atmosférica, desinfección ultravioleta del agua captada y posteriormente una etapa de filtración y absorción. Esta investigación resulta indispensable debido a que la finalidad y el objetivo principal converge con

el de la presente investigación debido a que en ambos se pretende crear un sistema de abastecimiento de agua potable mediante un sistema de captación de agua teniendo en cuenta la humedad de la región de estudio; por último, se puede evidenciar que es viable financieramente la procedencia de la implementación del sistema.

Pinzón J. (2018) desarrolló la investigación titulada **PROTOTIPO GENERADOR DE AGUA A PARTIR DE CONDENSACIÓN DEL AIRE**; para optar por título de tecnólogo en electrónica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas-Bogotá; con la finalidad de diseñar un sistema generador de agua mediante la condensación del aire utilizando tubos capilares. Esta investigación se desarrolló en tres etapas. ETAPA 1: en esta etapa, el investigador se encargó de diseñar un sistema de potencia que permita arrojar todos los parámetros de corriente y voltaje requeridos para el óptimo funcionamiento del tubo capilar. En segunda instancia, que concierne a la ETAPA 2: el autor determinó que dispositivo es capaz de medir la humedad relativa y la temperatura ambiente. Por último, en la ETAPA 3: el investigador comparó las variables de temperatura y humedad relativa derivadas de otros sistemas existentes. Dentro de los resultados obtenidos de la investigación se logró el diseño de un sistema generador de agua a partir de la condensación del aire, utilizando tubos capilares; para el caso en concreto se logró demostrar que con las condiciones para la obtención del líquido, existe temperatura punto de rocío con una diferencia mayor a 10°C dentro del armazón; así mismo se logró demostrar que con el sistema de tubos capilares en la etapa de potencia, con los parámetros de corriente y voltaje para el buen funcionamiento, con una humedad relativa de 48-52 %, y los motores se encuentren en condiciones nominales, permitieron determinar que los ventiladores proporcionarán un flujo y presión de aire que será condensado. Dentro de los aportes directos a la investigación, se observa que el autor describe y analiza los diferentes equipos electrónicos requeridos para implementar un sistema de condensación que genere agua, teniendo en cuenta la etapa de potencia requerida para el funcionamiento de los tubos capilares y dispositivos Sensor DHT22, los cuales son capaz de medir la humedad relativa y la temperatura; así mismo el autor describe y analiza la aplicación varios prototipos de condensación como lo son los prototipos ecoprojects, Aqua sciences y goodwater. Esta investigación resulta de útil estudio debido a que el autor desarrolla una etapa de diseño,

montaje y valoración electrónica de los dispositivos requeridos para implementar un sistema de condensación que permita generar agua, los cuales puede ser aplicable al caso en concreto.

Ruiz J. (2017) desarrolló la investigación titulada, **MODELO PARA ABASTECER AGUA POTABLE IMPLEMENTANDO UN GENERADOR DE AGUA ATMOSFÉRICA PARA VIVIENDAS UBICADAS EN UNA LADERA – EL CABALLERO CARABAYLLO;** para optar por el título de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo de Lima- Perú; con la finalidad de estudiar la factibilidad de la implementación de un generador de agua atmosférica compuesto de maquinaria con motores refrigerantes, que permitan abastecer de agua a la comunidad localizada en asentamientos ubicados en laderas El Caballero – Carabayllo. Esta investigación se desarrolló en 3 etapas. En la ETAPA 1: el investigador analizó el tiempo atmosférico de la zona, a fin de abastecer cuales son las condiciones climáticas que permitan abastecer de agua potable a los habitantes que residen en la ladera El Caballero – Carabayllo. En la ETAPA 2: el autor estableció la relación existente entre las condiciones y variantes del lugar estudiado y el modelo de abastecimiento de agua mediante el generador de agua atmosférica. Por último en la ETAPA 3: el investigador planteó el sistema de suministro para abastecer agua potable a la comunidad, aprovechando las condiciones atmosféricas de la zona. Los resultados de la investigación consistieron en establecer que, con el gradiente altitudinal en la temperatura de los últimos años y la humedad relativa de la zona, se requieren de la implementación de 4 prototipos SW-A5000 y uno de SW-A1000, el cual generaría aproximadamente 16.220 L/día de agua con una variación de +- 30.52 para abastecer a los habitantes de las laderas el caballero- carabayllo. Los aportes directos de la investigación consistieron en sentar un precedente por medio del cual el investigador determinó cual es el procedimiento y los mecanismos requeridos a fin de determinar la factibilidad de la implementación del sistema de suministro de agua potable para los habitantes de las laderas para un tiempo sostenible de 20 años teniendo en cuenta el aumento demográfico de la zona. La investigación resulta de gran relevancia para el presente proyecto debido a que el autor discrimina todos los elementos requeridos para la implementación del sistema acorde con las condiciones climáticas de la zona, a fin de elegir el prototipo de generador que permita abastecer a toda la comunidad, el cual para la investigación estudiada fueron 4 prototipos SW-A5000 y uno de SW-A1000, y el costo que requiere su implementación el cual corresponde al valor que actualmente

corresponde a los tanques cisternas de los cuales se abastece la población, lo que indica que el proyecto es sostenible y viable financieramente.

Soriano (2015), desarrolló la investigación titulada **NIEBLA COMO FUENTE ALTERNATIVA PARA SUMINISTRO DE AGUA**; para optar por el título de Especialista en recursos hidráulicos y medio ambiente en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Con la finalidad de proyectar un sistema que permita el uso de la niebla y la humedad como fuente suministro alternativo de agua para poblaciones pequeñas, o actividades específicas como ganadería, agricultura, reforestación, entre otros. La investigación se desarrolló en 4 etapas. En primera medida, en la ETAPA 1, el autor describió las bases teóricas y prácticas que propenden por la captura y aprovechamiento del agua de niebla; en segunda instancia el autor en la ETAPA 2, determino los lugares de Colombia donde puede ser aplicada el sistema de aprovechamiento de agua de niebla. Seguidamente en la ETAPA 3, el investigador precisó los usos que puede generar dicha alternativa de suministro. Por último, en la ETAPA 4, definió cual es la infraestructura requerida para la obtención de agua de niebla. Los resultados obtenidos de la investigación en determinar que es un mecanismo útil de abastecimiento de agua alternativo, del cual se precisaron ciertos puntos, como primero es establecer que para medir la producción de agua en la nieblas se requiere de un neblinómetros o las variables de humedad, punto de rocío, velocidad de vientos los cuales pueden ser determinados con información suministrada por el IDEAM o las CARS; menciona el autor que es importante aplicar la ecuación de flujo másico a fin de determinar el potencia del producción del agua, así mismo determina que gracias a los sensores y satélites es posible obtener información respecto al clima y la geografía del lugar, sin necesidad de realizar visitas de campo, utilizando dispositivos geoestacionarios que permiten una visión muy próxima a las nubes; el autor describió los diferentes tipos de estructuras para captar niebla los cuales corresponden al macrodiamante, cilíndrico y bidimensional. Los aportes directos de la investigación consistieron de determinar cuáles son los mecanismos requeridos para lograr la captación de agua a través de la niebla, así mismo el autor definió las diferentes estructuras que se necesitan para implementar el sistema, haciendo referencia que el captador bidimensional es el más usado en este tipo de proyectos, ya que es su instalación es de mayor facilidad y tiene un costo más bajo con relación a los demás. Resulta importante esta investigación debido a que la metodología

implementada es similar a la pretendida en el presente proyecto, debido a que primigeniamente se estudian las variables y condiciones del lugar para posteriormente considerar si es viable o no realizar el sistema de captación de agua, así mismo con los dispositivos geoestacionarios e imágenes satelitales que requieren de un sensor, se determina el lugar de vegetación mayormente eficaz que permite mayor captación, cabe mencionar que el autor describe el procedimiento para implementar el sistema y establece los materiales necesarios para hacerlo como por ejemplo los captadores de niebla, postes de soporte, tensores, mallas, canaleta recolectora y tanque de almacenamiento.

4.2 MARCO TEORICO

4.2.1 El agua como recurso natural.

El agua conforma el grupo de los recursos naturales renovables, siendo estos vitales para la supervivencia del ser humano; su origen etimológico proviene del latín Aqua, que denota aquella sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno, es líquida, inodora insípida e inodora

Afirma Montiel (2005) citando a Gutiérrez N. (1998) que el agua abarca las tres cuartas partes de toda la superficie de la tierra, lo que conforma un aproximado de 140 millones de km² de todo el planeta; Ahora bien, de toda su ocupación el 97% de agua es salada y únicamente el 3% es agua dulce; es menester precisar que de ese último porcentaje en mención, no se puede acceder al 99% del mismo, debido a que el 22% se encuentra en zonas subterráneas que impide su uso sin tecnologías adecuadas y el 77% conforman las capas de hielos en las capas polares, siendo solo el 1% del agua dulce que conforma al planeta, la cual los seres humanos pueden acceder a la misma.

4.2.2 Una perspectiva global de la escasez del agua.

La escasez de agua ha sido definida por la Organización de las Naciones Unidas (en adelante la ONU), como la consecuencia generada por el impacto que ocasionan todos los usuarios, bajo cierto precepto institucional, que afecta el acceso a la calidad de agua, evidenciando que no

se encuentre satisfecha la demanda total de personas que pretendan abastecerse de la misma, incluyendo el medio ambiente. Por lo cual sintetiza el órgano internacional en mención que: “La escasez puede ser una construcción social (producto de la opulencia, las expectativas y unas costumbres arraigadas) o consecuencia de la variación en los patrones de la oferta, derivados, por ejemplo, del cambio climático” (ONU, S.F)

Es menester precisar, que el agua siempre ha fungido como recurso natural renovable indispensable para la supervivencia de los seres humanos, debido a que resulta de vital importancia para la mayoría de las actividades cotidianas que hacen parte de la existencia de una comunidad; No obstante, no puede afirmarse que toda la población mundial goza de su abastecimiento debido a que gran parte de la misma, aún no tiene acceso a dicho recurso.

Expone la ONU, en su acápite de desafíos mundiales, que el agua no solo constituye el epicentro que configura el desarrollo sostenible como conexidad entre la sociedad y el ambiente, sino que el acceso al agua, saneamiento e higiene configuran derechos humanos, cuya lucha forma parte de los objetivos de la institución internacional aludida, debido a que infortunadamente las condiciones de acceso a la misma son muy precarias.

Para el 2019, el informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos, afirmó que alrededor de 2.000 millones de personas residen en países que se encuentran afectados por el fenómeno de escasez de agua, y cerca de 4.000 millones de personas experimentan un nivel grave de escasez de agua por lo menos una vez al año, demostrando que por lo menos 3 de cada 10 personas no poseen la facultad de acceder a una fuente de agua potable segura y 6 de cada 10 personas no tienen mecanismos para acceder a servicios de saneamiento. (ONU, 2019)

No obstante, a pesar de las iniciativas propuestas, no se ha logrado disminuir la problemática, ya que, con el aumento poblacional y el incremento del uso del agua especialmente en el área industrial y el sector doméstico, las cifras citadas anteriormente crecieron exponencialmente, demostrando que para marzo de 2020, ya se estima que un 55% de la población mundial vivifica una ausencia de un sistema de saneamiento seguro, por su parte, alrededor de 2.200 millones de personas no tienen como acceder al agua potable y 4.200 millones padecen el fenómeno de la escasez de agua. (ONU, 2020)

Según el análisis de la situación global y en miras a una perspectiva futurista, desde el 2006, se contempló que para el año 2025 “más de 3 mil millones de personas podrían estar viviendo en países que sufren estrés de agua, y 14 países pasarán de padecer estrés de agua a sufrir escasez de agua” (ONU, 2006)

4.2.3. El agua en la atmosfera y el ciclo hidrológico.

El estudio que realiza la hidrología respecto de la evolución científica sobre la circulación del agua ha sido denominado como ciclo hidrológico, por su parte otros doctrinantes lo ha catalogado como un proceso de transporte recirculatorio, indefinido y permanente.

Ahora bien, cabe destacar que “el movimiento general del agua” comienza en la ascendencia por evaporación del agua y la descendencia por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea” (Cloter 2006) citado por Ballesteros et al (2018). No obstante, no resulta simple su entendimiento, por lo cual es importante resaltar que primigeniamente el agua se evapora en el océano, y luego logra precipitarse sobre los continentes, cabe mencionar que en ambos medios se ocasiona evaporación y precipitación, sin embargo la primera tiene mayor auge en el océano y la segunda en los continentes; por su parte la escorrentía subterránea suele ser considerablemente más lenta que la superficial, la cual demuestra en varias ocasiones que dicha lentitud genera que los ríos continúen con caudal por un tiempo prolongado luego de las últimas precipitaciones.

Manifiesta Bautista (2015) que la evaporación que se genera en los océanos está directamente relacionada con la humedad relativa del aire, la que en los mismos términos obedece a la temperatura, por lo cual, si la temperatura del aire asciende, generaría que el aire nunca sufrirá de saturación, por lo cual la evaporación continuaría hasta que los océanos desaparecían.

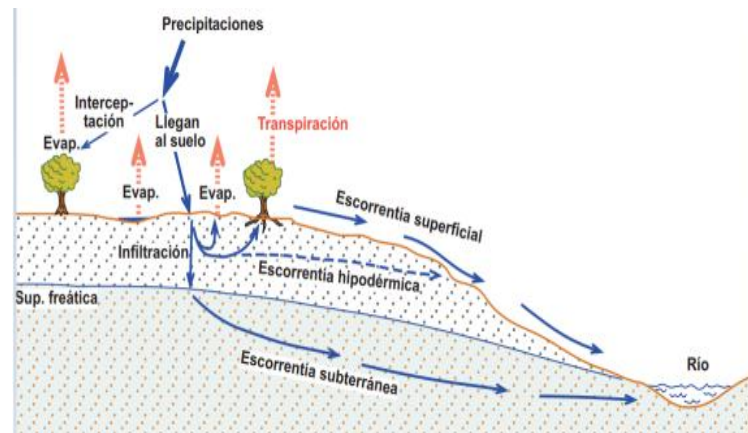


Figura 1. Ciclo hidrológico
Fuente: Tomado de Ballesteros et al (2018)

Es menester precisar que, a pesar de que el volumen total del agua en el ciclo es constante, no está exento de que ocurran variaciones debido a que la distribución de la misma cambia frecuentemente según los continentes, regiones y cuencas locales de drenaje. Por lo cual se puede precisar que la hidrología de una zona determinada depender de la vegetación, el clima, geología y topografía.

Aunado a lo esbozado con anterioridad, es necesario estudiar los componentes de la atmosfera, puesto que con ello se puede establecer de mejor manera, la proporción, cantidad y forma en la cual se puede encontrar vapor de agua en cada capa; Así mismo esta temática ha sido asimilada con un concepto denominado “agua verde”, dicho concepto hace referencia” a toda agua procedente de las precipitaciones que queda retenida en las capas superficiales del suelo y es accesible a las raíces de las plantas permitiendo la función clorofílica”. Madurga et al (2011) citado por Ballesteros et al (2018)

En síntesis, el agua verde hace referencia “al agua almacenada en el suelo como humedad y que no fluye como escorrentía” (Rodríguez 2016)

Con base en todo lo anteriormente planteado, es menester precisar que todos los procesos de evaporación, infiltración y evapotranspiración fungen como fuentes posibles de generación de agua potable, por ende, el termino ciclo hidrológico resulta imprescindible a la hora de crear

mecanismos alternos para generar recurso hídrico en zonas donde se evidencia un grado de escasez del mismo.

4.2.4. Tiempo y humedad atmosférica.

Según lo esbozado por Ruiz (2017), el concepto de tiempo atmosférico hace referencia al análisis del clima, teniendo en cuenta factores como humedad, temperatura y viento que a través de un sistema de producción podría generar la cantidad de agua deseada. En los mismos términos expone el autor que, la humedad atmosférica equivale al porcentaje de vapor de agua que se encuentra en la atmósfera, donde el factor y variable de la temperatura es importante, debido a que, la humedad es mayor en la concentración de aire caliente que las de aire frío.

Ahora bien, la atmósfera comprende 12.900 km³ de agua dulce, donde un 98% equivale a vapor de agua y el restante a la cantidad de agua condensada, esto es el 2% (Beysens y Milimouk, 2000) citado por Ruiz (2017). Sostiene también el autor que la humedad atmosférica en Namibia, Chile y Perú es una variable utilizada para la implementación de sistemas de abastecimiento de agua potable como mecanismo no convencional, debido a que, suelen ser lugares áridos y semiáridos donde escasea el recurso hídrico.

4.2.5. Obtención y generación de agua a través de la condensación.

Como el objetivo del presente proyecto es generar agua, a través de un sistema de captación, mediante la condensación de la humedad del aire, es necesario estudiar cuáles son los preceptos requeridos que permitan dicha condensación.

El aire se encuentra compuesto principalmente por ciertos gases y vapor de agua, de esos componentes, teniendo en cuenta temperaturas y presiones cercas a la atmosférica, se puede estimar que el único que puede ser condensable es el agua, de resto son considerados como incondensables, de lo que se infiere que el aire es una mezcla de vapor de agua y aire seco. (Rodríguez, 2016)

Ahora bien, es importante precisar ciertos conceptos derivados de la temática en mención, a fin de precisar posteriormente los requisitos para lograr la condensación del agua en la atmósfera. En primera instancia, se encuentra la temperatura a punto de rocío, la cual hace referencia aquella

“temperatura a la que se condensa el vapor de agua en una muestra de gas a un valor de presión”, de esta manera “su valor depende de la presión del gas. El incremento en la presión del gas incrementa el valor de la temperatura de punto de rocío” (Martínez & Lira, 2008)

En otros términos, también es necesario describir y especificar las variables como T, P y la cantidad de vapor, las cuales se expresan de la siguiente manera:

1. **Humedad absoluta o específica:** teniendo en cuenta que la humedad es la cantidad de vapor de agua en el aire, la humedad absoluta equivaldrá a la masa de vapor de agua en la unidad de volumen de aire, es decir, la cantidad de vapor de agua contenido en una determinada cantidad de aire seco. la cual se obtendrá de la siguiente manera:

$$X = \frac{m_v}{m_{as}} \text{ (g vapor/kg aire seco)}$$

2. **Grado de saturación:** Por su parte el grado de saturación equivale a la “relación existente entre la humedad absoluta y la que debería tener si estuviera saturado a la misma P y T”

$$\mu = \frac{x}{x_{sat}(P,T)}$$

3. **Humedad relativa:** Esta hace referencia a la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, es decir la humedad absoluta y el grado de saturación que representa la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura

$$HR = \frac{P_v(T, P, x)}{P_{sat}(P, T)}$$

Teniendo en cuenta los valores en mención, se pueden hallar las características respecto al aire húmedo, ya sea la entalpia específica, que encuentra relación con la variación de la humedad específica y también el volumen específico. (Rodríguez, 2016)

4.2.5.1. Condiciones para que se logre la condensación del agua atmosférica.

Según lo planteado por (Bautista 2015) para que se logre que el vapor de agua se condense, deben confluír las siguientes condiciones: Primigeniamente el aire debe tener una humedad relativa

cercana al 100%, así mismo es indispensable que se genere un enfriamiento, o que el aire saturado (sin cambiar de temperatura, reciba un aporte mayor de vapor de agua.

Cabe aclarar que, si el aire es más caliente, contendrá mayor cantidad de vapor de agua, la cual al enfriarse y alcanzar la temperatura de punto de rocío, el aire no podrá sostener todo el vapor de agua encontrado, por lo cual, se ocasiona que una parte del mismo se condense en pequeñas gotas formando nubes o niebla.

Ahora bien, para la mencionada autora, la condensación suele tener una mayor dificultad en el aire limpio, por lo cual la humedad por lo general debe hallar una superficie adecuada sobre la cual pueda condensarse.

Por otro lado, el físico Arias (2005) sostiene que existen dos formas, como la neblina y el rocío para que se logre la condensación de vapor atmosférico en agua. En primera instancia se conoce “la neblina como una nube de gotas de vapor condensado en aire supersaturado”, en segunda medida se puede condensar el vapor atmosférico a través de la formación de rocío, que requiere una superficie fría sin tener necesariamente un 100% de humedad. Por lo cual esta forma de condensación se presenta con mayor frecuencia en las zonas más secas del mundo. No obstante, manifiesta Arias (2005) que la recolección del rocío está ligada al área del recolector debido a que, si la zona para recolección es pequeña, se podrá solo recolectar pequeñas cantidades, así mismo esto dependerá de las condiciones geográficas y época del año. Lo anterior, no permite recolectar grandes cantidades de agua para abastecer un hogar.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Agua Cruda: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización. (Decreto 1575 de 2007)

Agua potable o agua para consumo humano: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal. (Decreto 1575 de 2007)

Agua salobre: La que resulta de la mezcla de agua dulce de los ríos y lagos con el agua salada del mar. Su nivel de sales es menor que el agua de mar. (Sánchez y Gándara, 2011)

Almacenamiento del agua: es la acción por la cual el agua ya tratada se realiza en depósitos protegidos, bien conservados y limpios. Con frecuencia se construyen depósitos elevados para asegurar la distribución por gravedad desde el depósito de almacenamiento de agua tratada

Buenas prácticas sanitarias: Son los principios básicos y prácticas operativas generales de higiene para el suministro y distribución del agua para consumo humano, con el objeto de identificar los riesgos que pueda presentar la infraestructura. (Decreto 1575 de 2007)

Calidad del agua: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia. (Decreto 1575 de 2007)

Captación de humedad atmosférica: Proceso de condensación que atrae las moléculas de vapor de agua existente en el aire. (Girano, 2019)

Condensación: “Proceso que consiste en hacer pasar una sustancia en forma de vapor al estado líquido por medio de transferencia de calor. La operación se realiza en equipos de forma cilíndrica o cónica llamados condensadores, que son intercambiadores de calor, por los cuales fluyen otras sustancias con temperatura menos que absorberán energía del fluido caliente” (Sánchez y Gándara, 2011)

Fuente de abastecimiento: Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas. (Decreto 1575 de 2007)

Generador atmosférico de agua: es un equipo que reproduce de forma artificial el fenómeno natural responsable de la formación de nubes que da lugar a la lluvia: condensan el vapor de agua presente en la atmósfera por medio de un ciclo de refrigeración mecánica. (Ballesteros et al 2018)

Humedad: La humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. (Martínez, 2007)

Humedad absoluta: Es la razón entre la masa de vapor por unidad de volumen y la masa de aire seco por unidad de volumen. (Arias, 2005)

Humedad relativa: cociente entre la fracción molar de vapor de agua en un espacio dado y la fracción molar del vapor de agua en su condición de saturación. (Martínez, 2007)

Infiltración: es la cantidad de agua que se introduce desde la superficie hacia el interior del suelo. Una vez superada la capacidad de infiltración del suelo, el agua comienza a escurrir denominándose escurrimiento o flujo superficial. (Mecca, 2008)

Precipitación: es el término general para toda el agua que proviene de las nubes y cae a la tierra en cualquiera de sus estados físicos. (Loera, 2002)

Temperatura de punto de rocío: es la temperatura a la que se condensa el vapor de agua cuando el gas se enfría a presión constante. (Martínez, 2007)

4.4 MARCO CONTEXTUAL

El presente proyecto será desarrollado en una vivienda ubicada en la calle 19 No. 10-05 del barrio Aipiamana ubicado en el municipio de Uribí departamento de la Guajira.

4.4.1. Localización

Uribí, es uno de los municipios que conforma el departamento de la Guajira, el cual se encuentra ubicado al norte del mismo, gozando de una estratégica posición marítima y fronteriza; se caracteriza por la alta predominación de comunidades wayuu y goza de reconocimiento al ser propietario colectivo de los resguardos indígenas de la Alta y media guajira extendidos al área rural. El municipio pertenece a la Península de La Guajira, la cual se encuentra ubicada al extremo nororiental de Colombia y de América Austral. (Alcaldía de Uribí, s.f)

El municipio se encuentra comunicado con el municipio de Manaure, por una carretera de 20km de longitud, así mismo con el municipio de Maicao por medio de la ruta de cuatros con 38km de longitud, y por la misma zona con Riohacha a 95km de distancia.

En cuanto a su ubicación geográfica, limita al norte y el oriente con el mar caribe; al sur con Venezuela, al suroccidente con el municipio de Maicao y al occidente con el municipio de Manaure.

Uribía, se encuentra en el piso térmico cálido, el cual se caracteriza por pertenecer al rango altitudinal, que va desde los 0 hasta los 1000 msnm; así mismo en la zona del municipio se presentan temperaturas superiores a los 24°C. Su clima se encuentra afectado principalmente, por el viento debido a la ausencia de sistemas montañosos considerables, lo que genera que no se pueda descargar totalmente su humedad. Su temperatura suele ser regular a lo largo de todo el año, sin embargo, se evidencian ligeros incrementos en los periodos comprendidos entre junio a septiembre con valores medios entre 28 y 32 y máximos hasta los 38°C. “En el primer semestre del año, los períodos más secos coinciden con las temperaturas más bajas y en el segundo semestre solo el mes húmedo de septiembre, coincide con las temperaturas moderadamente altas, del mismo mes” (Plan Municipal de Uribía, 2016-2019)

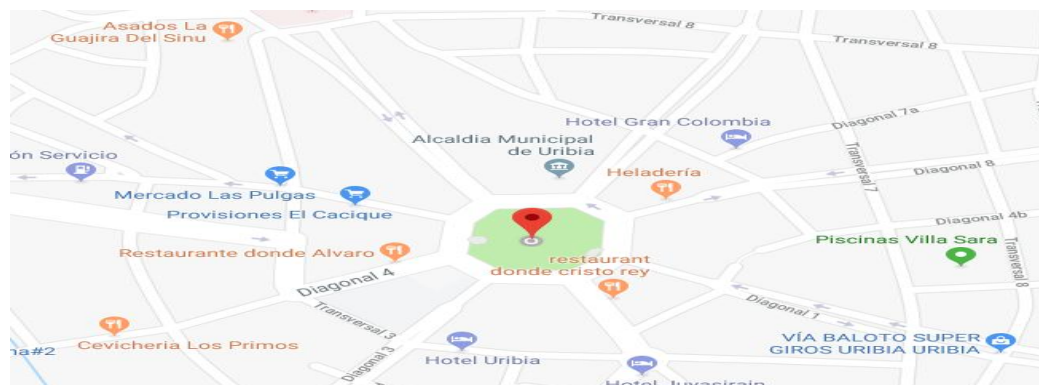
Tabla 1. Datos generales de Uribía.

Uribía la Guajira	
Extensión total	8.200 km ²
Extensión área urbana	6km ²
Extensión área rural	8.190 km ²
Altitud de la cabecera municipal	10msnm
Distancia de referencia	92 km de Riohacha

Fuente: Alcaldía de Uribía, s.f

La presente investigación se llevará a cabo en la vivienda ubicada en la calle 19 No. 10-05 del barrio Aipiamana, zona rural de Uribía. En la siguiente fuente se mostrará la localización del barrio en mención, del municipio de Uribía la Guajira.

Figura 2. Localización del barrio Aipiamana en Uribí.



Fuente: Google Maps

4.5 MARCO LEGAL.

A continuación, se discrimina la legislación y normatividad vigente en nuestro ordenamiento jurídico que es aplicable a la presente investigación:

Tabla 2. Marco legal

TÍTULO	AUTORIDAD QUE LO PROFIERE	APLICABILIDAD AL PROYECTO
Constitución política de Colombia	Asamblea Nacional constituyente	<p>En ocasión al bloque de constitucionalidad y el derecho comparado se ha incorporado como derecho fundamental el agua potable y saneamiento básico, a través de la jurisprudencia de la Corte Constitucional (Sentencia T-740-11)</p> <p>Así mismo la constitución contempla el deber del estado de vigilar y cuidar los recursos naturales como el derecho a tener un ambiente sano. (Artículos 8, 80, 79)</p>

<p>Ley 99 de 1993</p>	<p>Congreso de Colombia</p>	<p>A través de la citada norma se da la creación del ministerio de ambiente en Colombia, así mismo se estipula que en la utilización de los recursos hídricos prima el consumo humano; En las mismas medidas, la ley promueve el diseño y ejecución de programas de abastecimiento de agua a las comunidades indígenas, objetivo que se traza en esta investigación.</p>
<p>Ley 373 de 1997</p>	<p>Congreso de Colombia</p>	<p>Estipula y promueve los programas para el uso eficiente ahorro del agua, incentivando el uso de otras aguas no convencionales como superficiales, de lluvias y subterráneas. En la investigación se promueve el uso de abastecimiento de agua distinta a la convencional.</p>
<p>Ley 1151 de 2007 (por medio del cual se modifican ciertos artículos de la ley 99 de 1993)</p>	<p>Congreso de Colombia</p>	<p>Contempla la destinación de determinados rubros como el 10% de las tasas retributivas recaudadas por los entes territoriales para la protección, vigilancia y renovación de los recursos naturales, así mismo declara de interés público las áreas utilizadas para la conservación de recursos hídricos que surtan acueductos.</p>
<p>DECRETO 2811 DE 1974 Código Nacional de</p>	<p>Poder ejecutivo (ministros de Colombia)</p>	<p>El presente decreto regula todo en materia de recursos naturales, reconociendo al agua (en todos sus estados), la atmosfera y gozar de un</p>

<p>Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente</p>		<p>ambiente sano como uno de ellos; dicha regulación resulta garante de los derechos que posee la comunidad estudiada en este proyecto; así mismo contempla las sanciones de aquellos que los vulneren.</p>
<p>Decreto 1575 de 2007</p>	<p>Ministerio de protección social hoy ministerio de salud y protección social.</p>	<p>En primera medida define ciertos conceptos como agua potable, fuente de abastecimiento, agua cruda, etc. Seguidamente establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua a fin de evitar posibles riesgos en la salud, así mismo incorpora la responsabilidad que tienen los entes departamentales y municipales como garantes y vigilantes de la calidad de agua, por ultimo estima los índices de calidad que deben cumplir las aguas para el consumo humano, premisa aplicable al presente proyecto ya que se pretende lograr una fuente de abastecimiento de agua segura y de calidad para la comunidad.</p>
<p>Decreto 1323 de 2007</p>	<p>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</p>	<p>Creación del Sistema de Información del recurso hídrico, estipula la normativa con respecto a calidad de agua, caracterización de los recursos hídricos del país, así mismo junto con las funciones del Ideam, proporciona la información hidrológica, así como promueve estudios hidrológicos e hidrogeológicos.</p>

Decreto 3930 de 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial	Se regula todo lo concerniente al Ordenamiento del Recurso Hídrico
Resolución 240 del 8 de marzo del 2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial	Promueve la implementación de programas de uso y ahorro eficiente del agua.

Fuente: Autores, 2021



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sostenibilidad y gestión ambiental.

5.1.1. SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

Gestión integral del recurso hídrico.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente proyecto se utilizará un tipo de investigación experimental con enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). Sostiene Sampieri (2014) que, la investigación experimental hace referencia al estudio en el cual se “manipulan de forma intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes)”. Cabe destacar que primigeniamente se manejan variables independientes como intervenciones, tratamiento estímulos, entre otros, para posteriormente observar los efectos que generan sobre otras variables, es decir, sobre las independientes, destacando que siempre será en una situación controlada.

Ahora bien, así como lo señala el autor en mención la investigación experimental puede ser de campo, así como se desarrollará en esta investigación, dicho tipo hace referencia aquellos estudios realizados en una situación real, en la cual el investigador manipula una o más variables independientes en un contexto controlado tal como lo permite la situación.

Por último, se precisa que bajo el enfoque mixto convergen la investigación cualitativa y la cuantitativa, por su parte la primera propende por una “dispersión o expansión” de la información encontrada, mientras que la segunda procura por “por medir con precisión las variables del estudio” (Sampieri, 2014).

5.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación aplicable al presente proyecto es el correlacional, debido a que la finalidad del mismo es indagar sobre la relación o el grado de conexidad existentes entre dos o más variables en una situación o contexto. Cabe mencionar que en algunos casos únicamente se analiza

la relación e sólo se entre dos variables, sin embargo, para la presente investigación se realiza el análisis del vínculo, entre tres o más variables. Lo que decanta que este tipo de investigación permite la relación, entre dos o más variables mediante un patrón para una población específica.

Es importante precisar que según Sampieri (2014) en los estudios de investigación correlacional “primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.”

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se encuentra comprendida por los habitantes del municipio de Uribía la Guajira, específicamente en la zona rural donde se encuentra ubicado el barrio Aipiamana

5.5. MUESTRA

Concierne a la vivienda ubicada en la calle 19 No. 10-05 del barrio Aipiamana, zona rural de Uribía, departamento La Guajira.

5.6. FASE DE PLANIFICACIÓN

Se plantean 4 fases las cuales encuentran relación con los objetivos específicos, y se plantearán de la siguiente manera.

5.6.1. FASE 1. Diagnóstico de la línea base socioambiental del área de influencia del proyecto

5.6.1.1. *Actividad 1.1 Definición de la línea base ambiental del área de influencia del proyecto.*

Descripción: La funcionalidad y eficacia de los sistemas de captación de agua atmosférica están completamente ligados a los parámetros hidrometeorológicos y a la topografía del lugar en donde están establecidos. Por esta razón, uno de los principales pasos a seguir para la planeación y evaluación de este tipo de estructuras, es conocer las condiciones ambientales representativas del área propuesta para su aplicación, ya que estas sentarán las bases del proyecto y definirán la ruta a seguir para la escogencia de la locación y la planificación del diseño, en función de una óptima operatividad representada a través una alta tasa de utilidad.

5.6.1.1.1. Actividad 1.1.1. Evaluación y recolección de información de las condiciones ambientales del área de influencia.

Descripción: Se realizará la búsqueda de información cualitativa y cuantitativa sobre las características ambientales del Municipio de Uribí; a través de redes públicas de información como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), documentos públicos como el Plan Municipal de Desarrollo de Uribí, estudios publicados por autoridades ambientales regionales, entre otras. De forma complementaria, se realizarán evaluaciones in situ para la caracterización minuciosa de variables hidrometeorológicas y geomorfológicas como la humedad y la topografía; haciendo uso de equipos especializados como medidores de humedad y teodolitos, a fin de obtener información con un mayor grado de certeza que permita sentar las bases teórica de las posibles condiciones que influenciarán sobre el desempeño del proyecto. De esta manera, se buscará generar un compilado de información que permita establecer la línea base ambiental y sustentar las decisiones relacionadas al área de aplicación del proyecto, su diseño y las cualidades de funcionamiento.

Los parámetros hidrometeorológicos tenidos en cuenta para valoración en el estudio del caso corresponderán a:

- Dirección del viento
- Velocidad del viento
- Radiación solar
- Temperatura
- Humedad relativa
- Precipitación
- Topografía

5.6.1.2. Actividad 1.2 Definición del factor social del área de influencia del proyecto.

Descripción: Se tendrá en cuenta las condiciones socioeconómicas encontradas en el área de estudio; para llevar a cabo el presente estudio, se escogió una vivienda ubicada en la Calle 19 No. 10-05 del Barrio Aipiamana del municipio de Uribí la Guajira, dicha residencia se caracteriza por estar en una estratificación nivel 1, se encuentra habitada por seis personas de las cuales solo una labora como “maestro de obra independiente”, siendo el único ingreso económico de la familia.

Así mismo, los residentes de la vivienda en estudio manifiestan que consumen a la semana aproximadamente 500 litros de agua que compran en el acueducto del municipio, la cual solo está destinada al consumo humano, la otra agua que se les suministra por parte de la administración es salobre y es destinada para actividades como limpieza, riego, actividades de cocina, entre otras acciones domésticas.

5.6.2. Fase II: Diseño e implementación de un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto.

5.6.2.1. Actividad 2.1. Diseño del prototipo a escala piloto del sistema de captación

Descripción: En contexto con los términos anteriormente mencionados, la segunda fase de ejecución hace referencia a la generación del diseño del prototipo de captación de agua atmosférica y su implementación en el área de influencia destinada para su funcionamiento; buscando de esta forma la ideación de la estructura con las características necesarias para lograr una mayor eficacia sobre la captación, recolección y potabilización del agua; las cuales estarán facultadas con la información compilada a través de la línea base socioambiental.

5.6.2.1.1. Actividad 2.1.1. Desarrollo de criterios establecidos para el prototipo del sistema de captación.

Ubicación: Este criterio permitirá establecer y definir algunas de las características que tendrá el diseño del prototipo, pues las particularidades del área de aplicación del proyecto acondicionarán la estructura y orientación del modelo con relación a la eficacia que pueda significar, es decir que, por algunas condiciones específicas de la locación, será necesario implementar algunas cualidades sobre el prototipo para propender a la captación de agua; buscando aumentar o mantener su eficacia entorno al objetivo que se pretende cumplir.

Componentes: Los elementos que harán parte de la estructura del sistema de captación de agua atmosférica serán:

- Polisombras de polietileno
- Pilotes y travesaños en madera
- Canaletas plásticas
- Tanques de almacenamiento
- Filtro potabilizador de agua



Estructura y funcionalidad: A fin de tener condiciones de resistencia, durabilidad y estabilidad que propendan a la eficacia del sistema de captación, se han definido la estructura y funcionalidad de los componentes de la siguiente manera:

- Polisombras: Tejido polimérico de alta resistencia dispuesto de forma vertical que permite capturar las partículas de rocío presentes en el aire con el fin de generar grandes conglomerados (gotas) de agua.
- Pilotes y travesaños: Estructuras horizontales y verticales que permiten distribuir las cargas o fuerzas de compresión y flexión del prototipo, que posibilita complementariamente la tensión de la malla Polisombra.
- Canaletas: Estructuras hidráulicas que permiten coleccionar en primera fase las gotas de agua que caen por peso desde la malla y transportarlas a través de la fuerza gravitacional hasta el lugar de almacenamiento.
- Tanques: Lugares de acopio para el almacenamiento primario del agua captada generada a través del proceso de condensación del rocío o agua atmosférica.

Geometría: Se establecerá preliminarmente la forma del sistema de captación conforme al que se ve visualizado en la figura 1, donde como características geométricas principales serán la orientación en dos dimensiones y su forma rectangular; el cual tendrán dos (2) soportes ubicados paralelamente a una distancia determinada, dos (2) travesaños ubicado de forma perpendicular a los pilotes, un (1) sistema de malla plano posicionado en dirección horizontal, (1) sistema hidráulico de canaletas establecido en la parte inferior de la malla, y (1) tanque de recolección situado en un costado a la salida de la canaleta. En cuanto a las medidas que tendrán cada uno de los componentes y el sistema en general, estas serán definidas de acuerdo con las condiciones espaciales del área de estudio en donde se implementará el prototipo.



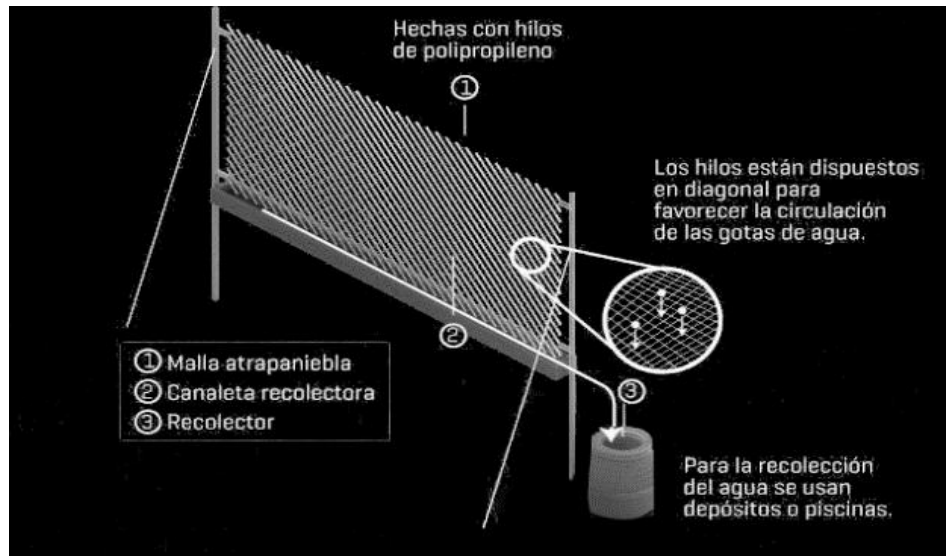


Figura 3. Diseño del prototipo del sistema de captación.

5.6.2.2. *Actividad 2.2. Implementación del prototipo a escala piloto sobre el área de estudio*

Descripción: Para la implementación del prototipo, no solo será necesario realizar el correcto montaje del sistema con cada uno de sus componentes y materiales, sino también la ejecución de evaluaciones rutinarias para conocer su funcionamiento y porcentaje de eficacia con relación a la cantidad de agua (volumen) generado en presencia de las distintas condiciones previamente monitoreadas, definidas y establecidas, y además, de la estipulación de objetivos y metas a cumplir que funcionen como indicadores de gestión para evaluar la operación del sistema en relación a la resolución del problema planteado.

5.6.2.2.1. *Actividad 2.2.1. Evaluación de las condiciones de funcionamiento del sistema de captación.*

Descripción: Se evaluarán en primera instancia las condiciones de funcionamiento por medio del estudio y monitoreo de las características ambientales y se dará respuesta a las posibles influencias de estas sobre la operación del sistema; consecuentemente se definirá su porcentaje de eficiencia a través del método de estimación de Soriano (2015) definido como ecuación de flujo másico, el cuál calcula el potencial de producción de agua a partir de la condensación de la niebla de la siguiente manera:

$$m = \rho v A$$

Donde:

m = Flujo másico (Kg/s)

v = Velocidad media del viento (m/s)

ρ = Densidad del agua en la niebla (Kg/m³)

A = Área de la malla

Para la cuantificación del caudal líquido a través de la obtención del caudal másico (flujo másico) se definirá un intervalo de medición (estipulado en 1 día) y relacionando que un Kg de agua es equivalente a 1 litro de esta, se podrá obtener el potencial de producción del L/m²*día. (Juliao, et al., 2016)

Por otra parte, la forma estipulada por la cual se relacionará el cálculo del flujo másico con la eficiencia del sistema de captación será a través de la correlación entre la cantidad de agua generada por el sistema (calculada a través de la aplicación de esta ecuación) con la cantidad de agua mínima estipulada o requerida en la línea base socioambiental para suplir las necesidades básicas de las personas beneficiadas.

5.6.2.2.2. Actividad 2.2.2 Definición de metas y objetivos para la óptima operación del sistema de captación.

Descripción: Se estipularán los siguientes objetivos y metas a cumplir para gestionar y evaluar la operación e impacto del sistema de captación de agua atmosférica en relación con la resolución del problema planteado.

- Definir y conocer la favorabilidad de la captación del agua atmosférica en relación con los distintos parámetros hidrometeorológicos
- Captar a través del prototipo la cantidad de agua necesaria para el uso definido por la vivienda
- Mejorar el impacto socioeconómico sobre las comunidades establecidas en el área de influencia a través de la implementación del prototipo.

5.6.3. Fase III: Evaluación de la eficiencia del prototipo de captación de agua a escala piloto

5.6.3.1. Actividad 3.1. Evaluar la eficiencia del prototipo

Descripción: A través de la valoración de los indicadores de desempeño y los análisis realizados a lo largo del funcionamiento del sistema de captación de agua atmosférica, se buscará reconocer las condiciones y la eficiencia del prototipo (las cuales están sometidas a las distintas condiciones ambientales en las que se desarrolla). De esta forma, se especificarán los puntos débiles, errores de diseño, amenazas y fortalezas del sistema; que, por consiguiente, sustentarán las múltiples decisiones que puedan ser tenidas en cuenta a la hora de actuar para generar medidas de mejora, prevención o de corrección, que delimiten positivamente el nivel de eficiencia del prototipo.

5.6.4. Fase IV: Definición de acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua.

5.6.4.1. Actividad 4.1. Estipulación de las acciones preventivas, correctivas y de mejora para la implementación del prototipo.

Descripción: Lo que se buscará con la estipulación y aplicación de las acciones preventivas, correctivas y de mejora sobre la implementación del prototipo, será trazar y definir estrategias que permitan propender por el buen funcionamiento del sistema y a la estimación de una tasa de eficiencia representativa y favorable a lo largo del tiempo; siendo posible a través la generación de nuevos productos y modificaciones o por medio de la aplicación de metodologías de evaluación y monitoreo.



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Fase 1. Diagnóstico de la línea base socioambiental del área de influencia del proyecto.

Se realizó un diagnóstico ambiental en la zona objeto de estudio, es decir en el municipio de Uribí, La Guajira, para lo cual se consultó en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), los siguientes parámetros hidrometeorológicos:

Dirección y velocidad del viento

Se refiere al estado del movimiento del aire, el cual es causado por una diferencia de temperaturas en diferentes zonas de la superficie terrestre, por lo cual las masas de aire de mayor temperatura tienden a ascender y el espacio vacante es ocupado por masas de aire de menor temperatura, y por tanto es más denso, de esta manera se le denomina viento propiamente al aire que se mueve de manera horizontal (Díaz, 2021).

El viento superficial se define mediante varios parámetros entre los cuales encontramos: la velocidad, la dirección sobre el plano horizontal, y los obstáculos que este encuentre a su paso, es decir, la cantidad de edificaciones, árboles y demás formaciones verticales que puedan modificar la dirección y la velocidad del viento (Díaz, 2021).

En el municipio de Uribí, con relación al viento, existe una duración de alrededor de 8 meses, en los cuales se presenta la mayor época ventosa, en la cual los vientos viajan en promedio a 20.4 Km/h y en los meses restantes en los que el viento es más calmado, este corre en un promedio de 15.5 KM/h. Así mismo, en cuanto a la dirección del mismo, existe una predominancia hacia el este con ligeros cambios no muy seguidos en los que la dirección es hacia el noreste o el sureste, esos se presentan más que todo en las épocas de final de año (Díaz, 2021).

Para la realización de este proyecto de grado se midió la velocidad del viento con un anemómetro durante los días de funcionamiento del sistema de captación, obteniendo los siguientes resultados:

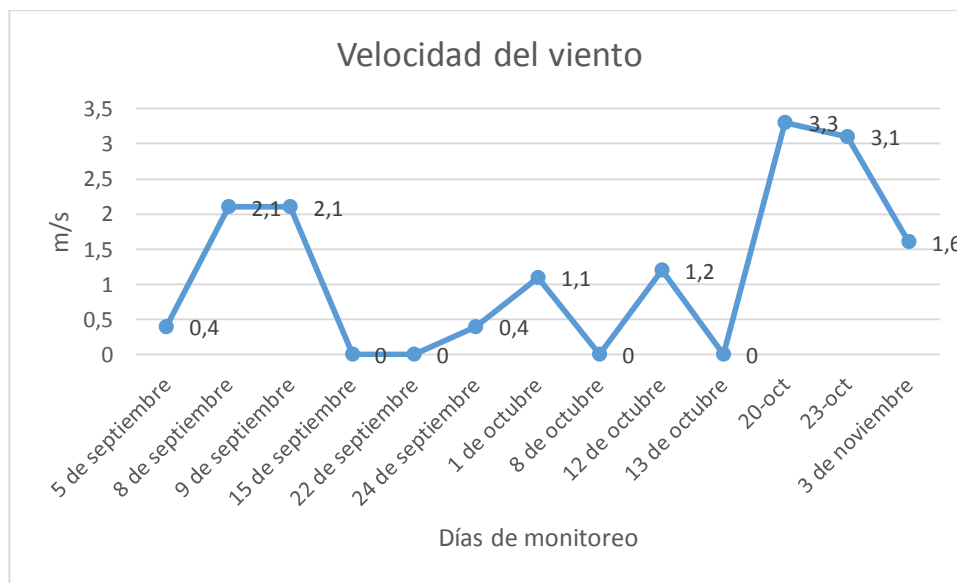
Tabla 3. Resultados de la velocidad del viento.

Día	Resultado	Unidad
de monitoreo 5 de septiembre	0,4	m/s
8 de septiembre	2,1	m/s
9 de septiembre	2,1	m/s
15 de septiembre	0	m/s
22 de septiembre	0	m/s
24 de septiembre	0,4	m/s
1 de octubre	1,1	m/s
8 de octubre	0	m/s
12 de octubre	1,2	m/s

13 de octubre	0	m/s
20 de octubre	3,3	m/s
23 de octubre	3,1	m/s
3 de noviembre	1,6	m/s

Fuente: autores, 2022.

Figura 4. Resultado de la velocidad del viento.



Fuente: autores, 2022.

Radiación solar

En la región Caribe se presentan amplios sectores en La Guajira y el norte del Cesar con promedios entre 7 y 9 horas de Sol al día (hSd); en gran parte del centro y el resto del norte de la región se presentan valores entre 6 y 7 hSd, mientras que al sur de la región los promedios están

entre 4 y 6 hSd. En esta región se encuentra el municipio con mayor promedio de brillo solar en el país, el cual es Uribia en el departamento de la Guajira con 8,3 hSd. (IDEAM)

Una de las limitantes de este parámetro fue su poca y casi nula información de datos en las estaciones, sólo se pudo disponer de las únicas dos estaciones CP que el IDEAM mantiene en funcionamiento. Estas estaciones son: la de Puerto Bolívar y la de Rancho Grande. El valor promedio multianual de brillo solar de acuerdo a la estación tipo CP ubicada en Puerto Bolívar es de 2,998 horas y, como mes máximo máximorum de todo el período de registro de la estación en mención está el mes de agosto del año 1997, donde se registraron 324.1 horas de brillo solar. De acuerdo a los registros obtenidos de esta estación, se puede afirmar que los meses multianuales de mayor brillo solar son los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre, con registros medios mensuales multianuales de 275.1, 281.6, 264.6, 286.1 y 264.8 horas respectivamente. Los meses con menos brillo solar son los restantes. (Plan Básico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Uribia, La Guajira)

Ahora, con respecto a la estación CP de Rancho Grande, la mayoría de los registros anuales son incompletos. De un período de trece (13) años de registro de los cuales 1973, 1974 y 1975 poseen datos completos y confiables, se puede afirmar que aproximadamente el promedio mensual multianual de horas de brillo solar es de 2,932.5. El máximo máximorum se presenta en el mes de enero de 1973, el registro es de 320 horas de brillo solar. (Plan Básico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Uribia, La Guajira)

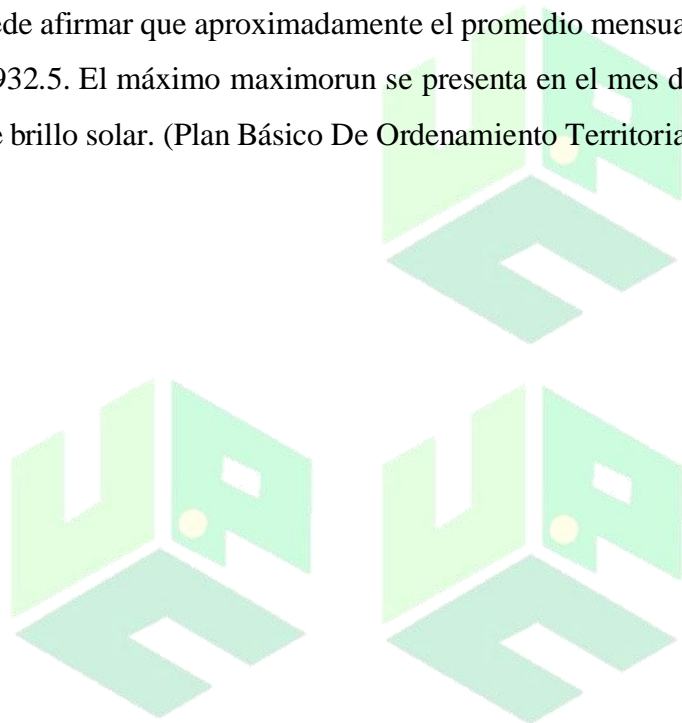
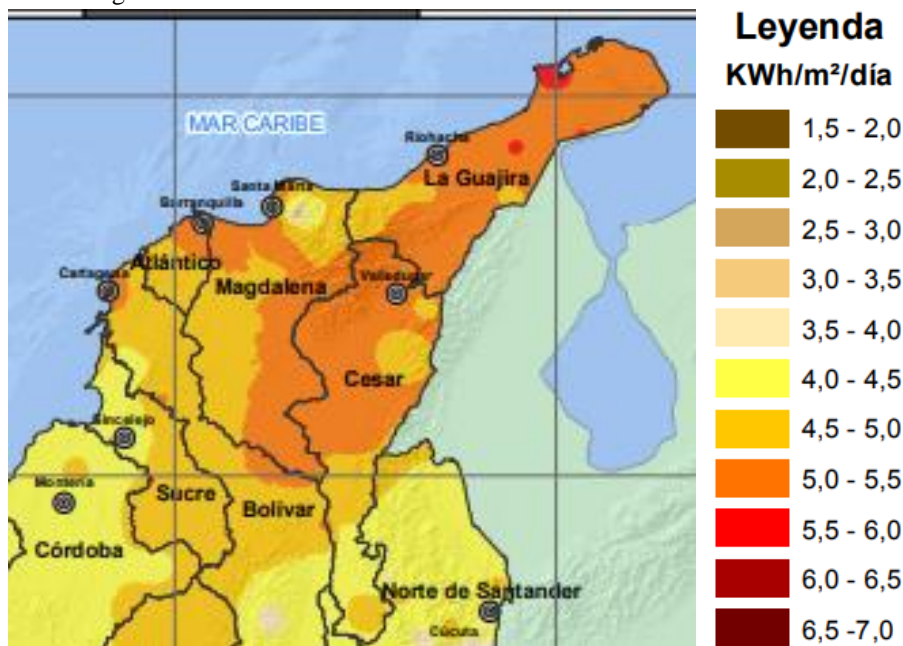


Figura 5. Irradiación global horizontal medio diario anual.



Fuente: Atlas climatológico de Colombia. IDEAM.

Además, de acuerdo con un estudio realizado por Silva (2016), se presenta la irradiación solar en el municipio de estudio, a continuación, se refleja la tabla con la media mensual de este parámetro durante todos los meses del 2015.

Tabla 4. Media mensual de irradiación incidente en Uribí, La Guajira.

Media mensual de irradiación incidente (kWh/m ² /día) en el 2015			
Enero	5,86	Julio	7,13
Febrero	6,51	Agosto	7,17
Marzo	7,02	Septiembre	6,66
Abril	6,92	Octubre	5,99
Mayo	6,72	Noviembre	5,57
Junio	7,05	Diciembre	5,39

Fuente: Tomada de la NASA y Adaptado por Silva, 2016.

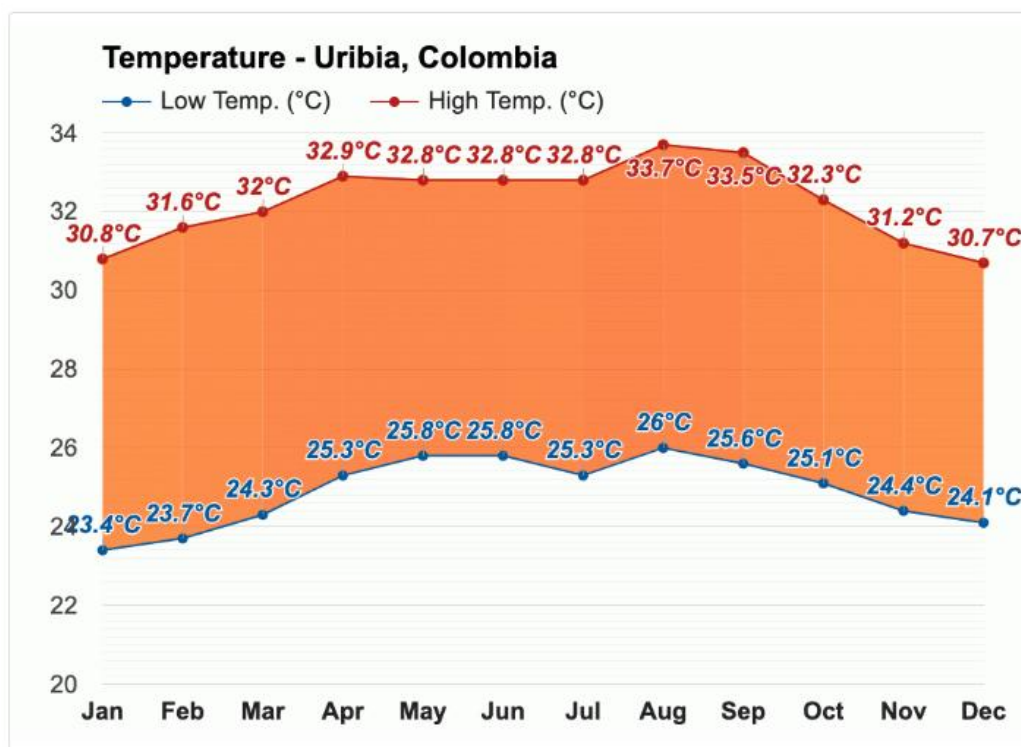
Siendo así, de acuerdo con la tabla anterior, la mayor incidencia se presentó en el mes de agosto y la menor irradiación en diciembre.

Temperatura

La mayor parte del territorio de Uribí tiene una temperatura media comprendida entre los 27 y los 30 °C. (Plan Municipal para la Gestión de Riesgo). Los meses con más caluroso para esta

área son julio y agosto, registrando temperaturas máximas mayores a 34°C y temperaturas medias de 29°C y 30°C. Por otra parte, los promedios más bajos de temperatura mínima se presentan durante los meses de diciembre a marzo, encontrándose por debajo de los 25°C. Asimismo, el Plan Municipal para la Gestión de Riesgo, muestra la siguiente figura en donde se evidencia claramente que Uribia ubicada al sur del municipio de La Guajira, presenta temperatura entre los 28 y 30°C, ver figura 6:

Figura 6. Temperatura del municipio de Uribia, La Guajira.



Fuente: Weather Atlas.

Asimismo, la consulta al IDEAM arrojaron los siguientes resultados para el parámetro temperatura.

Tabla 5 . Valores promedio de temperatura para el municipio de Uribia, La Guajira durante los últimos 30 años (1989-2019).

estación	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	octubre	nov	dic	enero
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	---------	-----	-----	-------

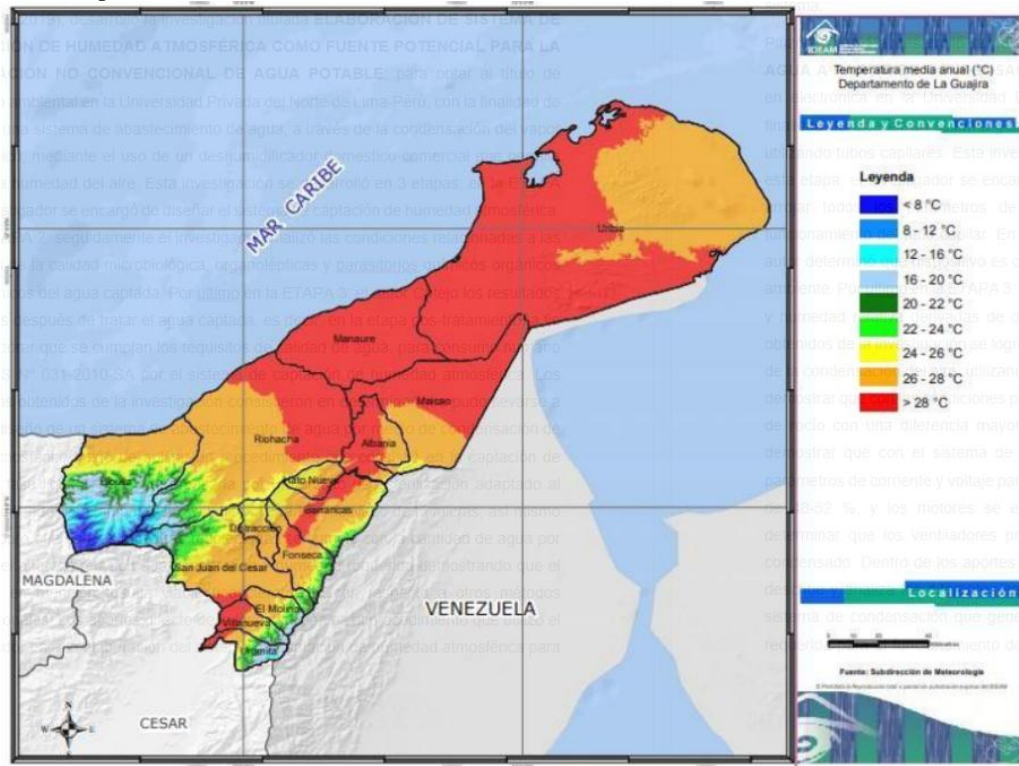
azareth	5.7	5.8	6.3	6.9	7.5	7.9	7.8	8.3	8.4	7.8	7.1	6.1	7.1
h													
ancho	7.8	7.8	8.3	9	9.4	9.8	9.9	0.1	9.7	9	8.7	8.1	9
rande													
uerto	7	7	7.4	8.1	9	9.5	9.3	9.5	9.3	8.8	8.3	7.5	8.4
olívar													

Fuente: IDEAM.

De los resultados de la tabla anterior, comparando con los suministrados por fuente secundaria se puede observar que en efecto el mes más caluroso fue agosto con 28.3 °C y el menos caluroso fue enero con 25,7°C para el caso de la estación Nazareth; entre tanto, para la estación Rancho grande, se observa que el mes más caluroso fue agosto igualmente, aunque con una temperatura que alcanza los 30°C y el mes con temperaturas mínimas corresponde a enero y febrero con 27.8 °C. Por último, la estación puerto Bolívar muestra una variación en donde agosto y junio con la misma temperatura (29.5°C), son los meses más calurosos y enero y febrero los meses con temperaturas más bajas.



Figura 7. Temperatura media anual.



Fuente: Atlas climatológico de Colombia. IDEAM.

Humedad relativa

El mes con la humedad relativa más alta es Noviembre (77%). El mes con la humedad relativa más baja es Abril (67%).

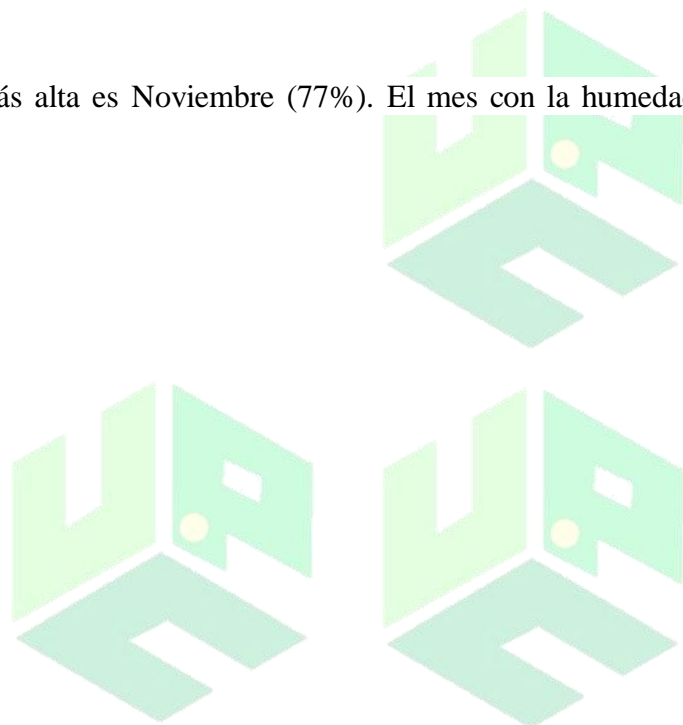
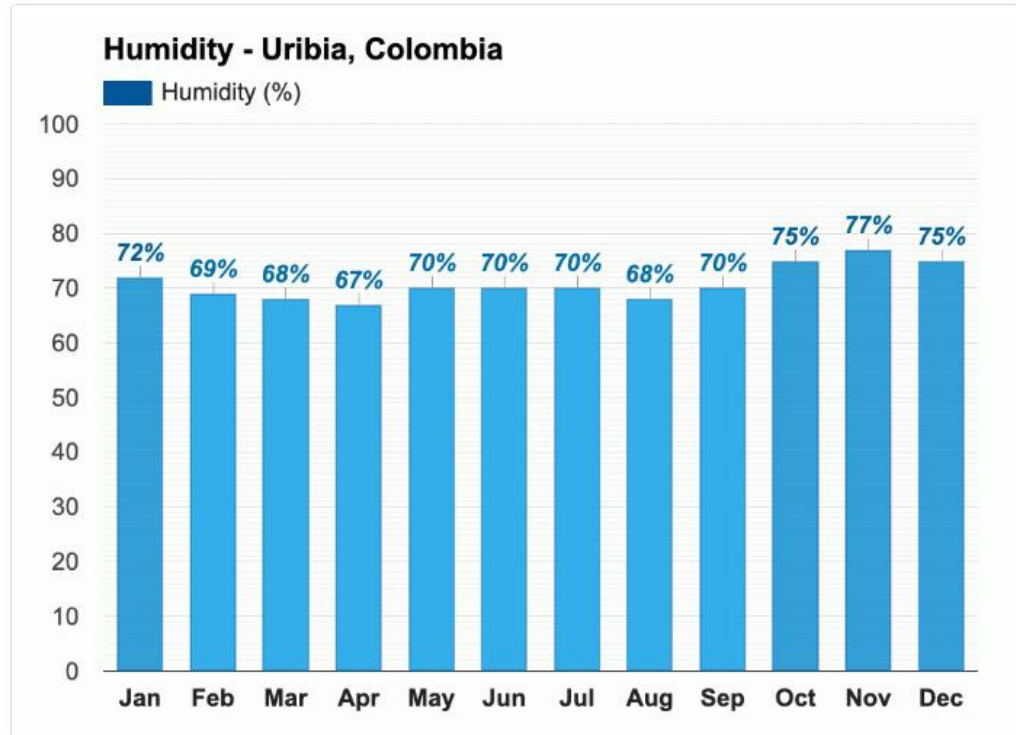


Figura 8. Humedad Relativas en Uribia, La Guajira.



Fuente: autores, 2022.

Asimismo, de acuerdo con datos del IDEAM, se puede inferir que la posición costera del municipio de Uribia hace que la humedad relativa a lo largo del año sea alta y en promedio sea constante como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Promedio anual en el punto de monitoreo del aeropuerto Puerto Bolívar a una altitud de 10 m.s.n.m en el municipio de Uribia durante los últimos 7 años (2013-2019)

Estación	Altitud	Año	Resultado
Aeropuerto Puerto Bolívar	10	2013	77
Aeropuerto Puerto Bolívar	10	2014	78
Aeropuerto Puerto Bolívar	10	2015	68
Aeropuerto Puerto Bolívar	10	2016	67

Aeropuerto	10	2017	71
Puerto Bolívar			
Aeropuerto	10	2018	70
Puerto Bolívar			
Aeropuerto	10	2019	68
Puerto Bolívar			

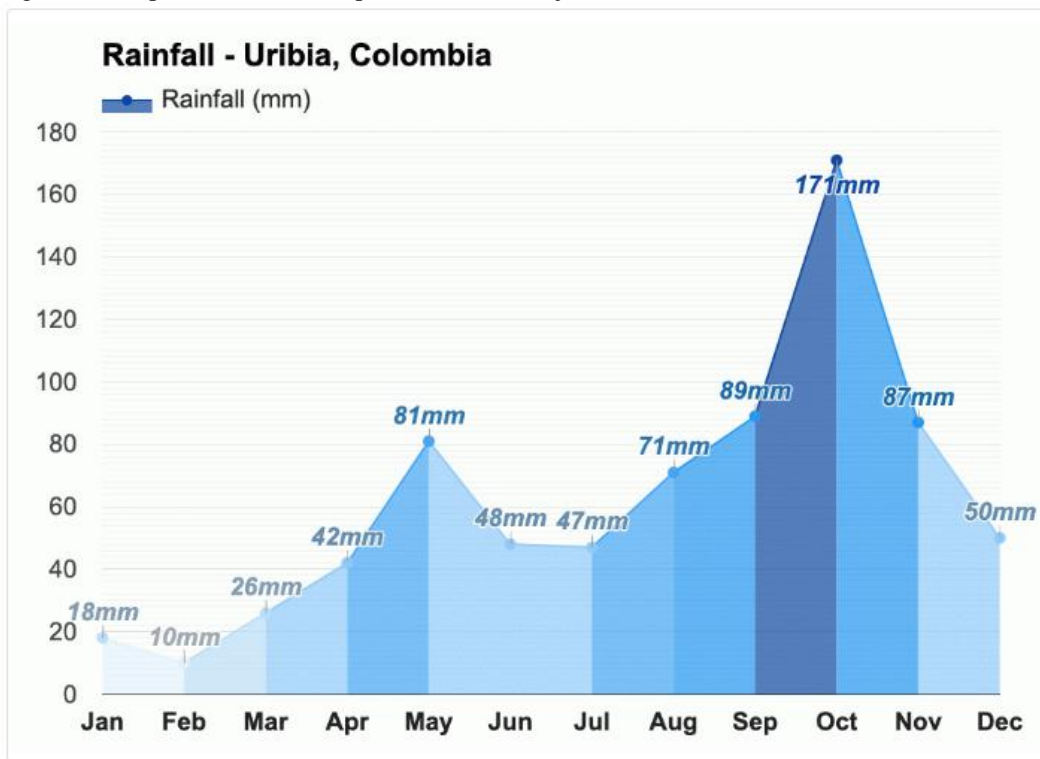
Fuente: IDEAM.

Precipitación

De acuerdo con el Plan Municipal para la Gestión de Riesgo, las mayores precipitaciones se presentan al oriente del municipio gracias a la interceptación de las corrientes húmedas por las serranías de Macuira y Jarara con máximos en los meses de abril y mayo y desde agosto a diciembre. Al centro de Uribia se observa la misma tendencia, aunque con unos volúmenes menores de lluvias y valores significativos hasta el mes de noviembre. Por su parte, al occidente continua la misma tendencia, pero en este sector son más marcados los meses más secos que van de enero a marzo y de junio a julio. Como ocurre para el centro del territorio las mayores precipitaciones van hasta el mes de noviembre. El casco municipal de Uribia se halla sobre la isoyeta de 450 milímetros.

Asimismo, de acuerdo con el Plan Básico De Ordenamiento Territorial del municipio de Uribia, La Guajira, las oferta pluviométrica a lo largo de cada año es muy irregular, ya que la mayor parte de las lluvias (más del 60%) cae en los meses de septiembre, octubre y noviembre, el principal y a veces único período lluvioso; alrededor de abril o mayo se sitúa un segundo período de lluvias, mucho menos importante que el anterior. Las lluvias invernales caen apenas en unos pocos aguaceros de gran intensidad (son comunes aguaceros entre 80 y 181 mm en veinticuatro (24) horas, en contraste con períodos de sequía de más de seis (6) meses. Estas pocas temporadas invernales son aprovechadas por los indígenas para sembrar en pequeñas parcelas familiares maíz, yuca, frijol, patilla, etc. Como meses menos lluviosos (veranillo) están enero, febrero, marzo, abril y junio en el primer semestre y julio, agosto y diciembre en el segundo semestre; lo cual determina un régimen pluviométrico bimodal.

Figura 9. Precipitación del municipio Uribia, La Guajira.

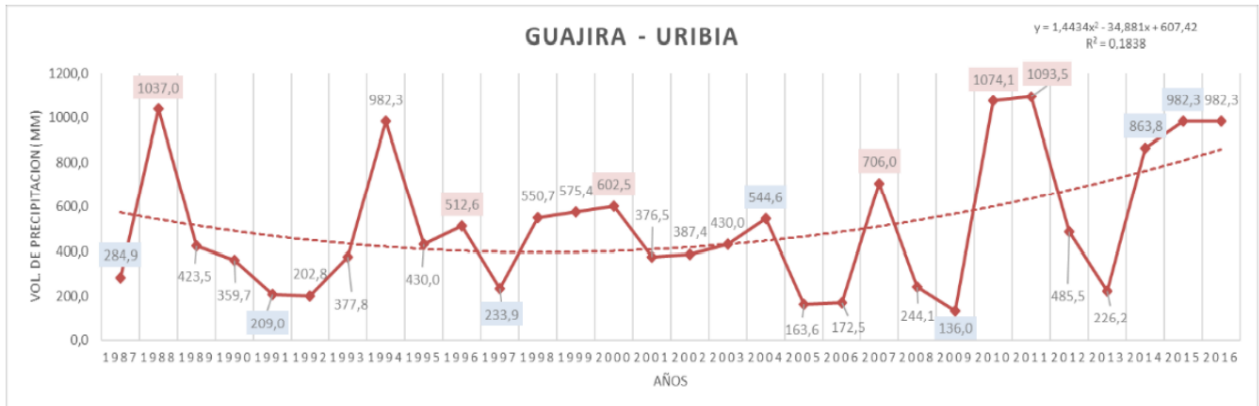


Fuente: IDEAM.

En los meses secos caen aguaceros torrenciales de corta duración, que nunca son suficientes para sostener cultivos. Dado que la evapotranspiración potencial es muy superior a la cantidad de humedad suministrada por las lluvias, esta zona se cataloga como árida. Otra limitación, en cuanto se refiere a lluvias, es la extremada fluctuación de las precipitaciones anuales de un año a otro, dado que existen años en que las precipitaciones totales anuales, están muy por debajo y a veces con valores cero (0), en comparación con los promedios multianuales de precipitación (Plan Básico De Ordenamiento Territorial del municipio de Uribia, La Guajira).



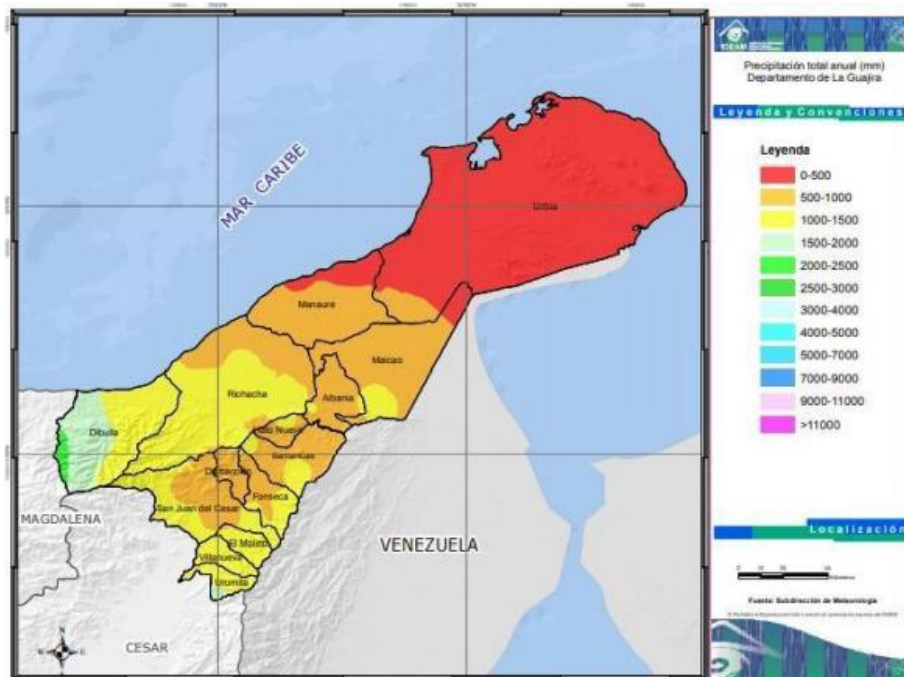
Figura 10. Volúmenes de precipitación en Guajira Uribia



Fuente: Palacios y Méndez (2018).

En la figura anterior se muestra el volumen de precipitación desde 1987 hasta el 2016 observando una variación en los picos, y una inestabilidad en el comportamiento de este parámetro. Los años en donde hubo mayor precipitación fueron en 1988 (1037 mm), 2010 (1074,1 mm) y 2011 (1093,5), estos dos últimos coinciden con la época de la niña que fue el periodo de invierno que impactó de forma general a Colombia.

Figura 11. Precipitación total anual.



Fuente: Atlas climatológico de Colombia. IDEAM.

Topografía

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Uribia son latitud: 11,714°, longitud: -72,266°, y elevación: 23 m. La topografía en un radio de 3 kilómetros de Uribia contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 31 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 26 metros. En un radio de 16 kilómetros también tiene solo variaciones modestas de altitud (71 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene solamente variaciones modestas de altitud (1.173 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de Uribia está cubierta de pradera (65 %), árboles (16 %) y arbustos (15 %), en un radio de 16 kilómetros de pradera (88 %) y en un radio de 80 kilómetros de agua (47 %) y pradera (29 %).

6.2. Fase II: Diseño e implementación de un prototipo a escala piloto de un sistema de captación de agua para el área de influencia del proyecto.

Actividad 2.1. Diseño del prototipo a escala piloto del sistema de captación.

El diseño del prototipo a escala piloto del sistema de captación tuvo en cuenta las condiciones sociales y ambientales del lugar de estudio esto con el fin de lograr una mayor eficacia sobre la captación, recolección y potabilización del agua, siendo así se requirieron los siguientes elementos para realizar la estructura del sistema de captación de agua atmosférica:

- Polisombras de polietileno
- Pilotes y travesaños en madera
- Canaletas plásticas
- Tanques de almacenamiento

En cuanto a las medidas que tuvo cada uno de los componentes y el sistema en general se presentan a continuación:

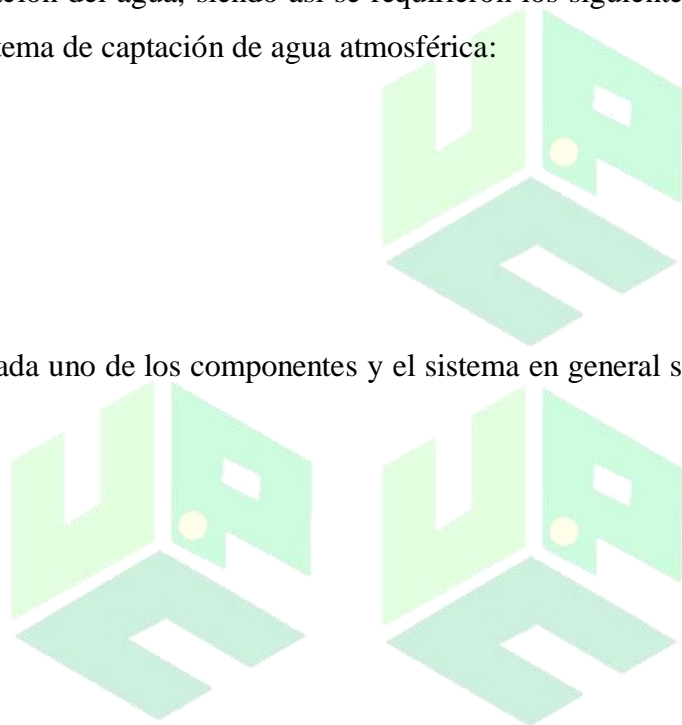
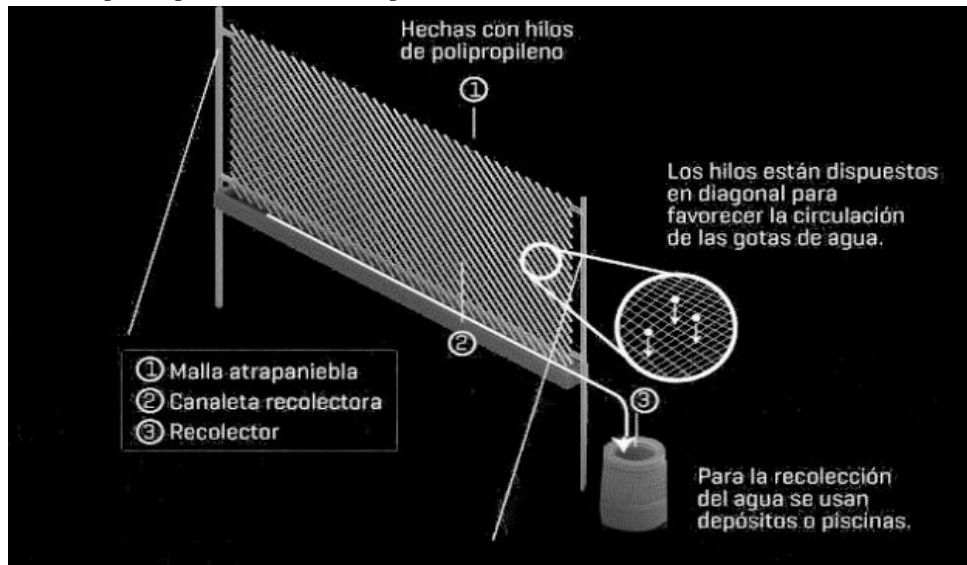


Figura 12. Diseño del prototipo del sistema de captación.



Fuente: autores, 2022.

Las medidas del prototipo como se ve en la imagen son de alto de cuatro (4) metros (palos), altura de la malla de dos (2) metros, con un espacio de un (1) metro entre la base del sistema y el comienzo de la malla; además, tuvo un ancho de dos (2) metros. El balde tenía una capacidad de cuatro (4) litros, y la canaleta tuvo un diámetro de 3 pulgada.

Actividad 2.2. Implementación del prototipo a escala piloto sobre el área de estudio.

Se procedió con la implementación del prototipo el cual entró en funcionamiento el 05 de septiembre del 2021 hasta el 03 de noviembre del 2021.

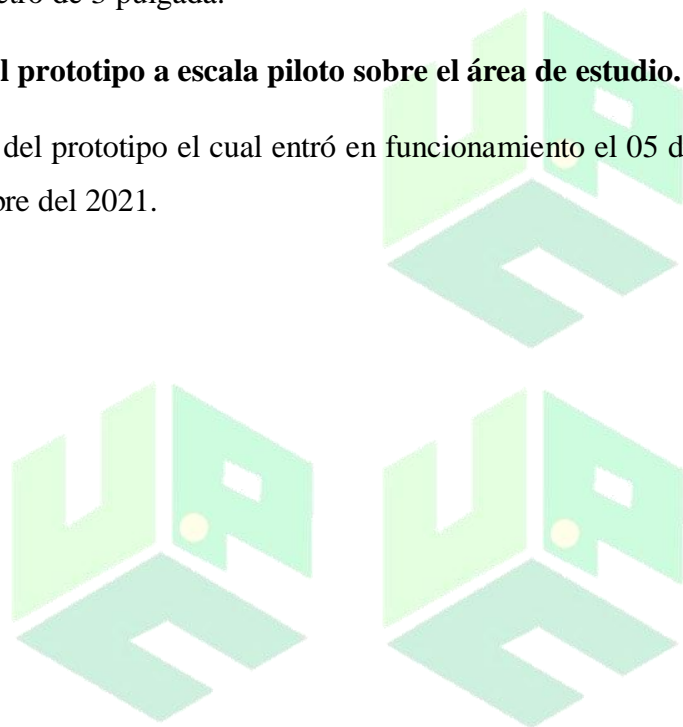


Figura 13. Funcionamiento del sistema de captación.



Fuente: autores, 2022.

Figura 14. Prototipo a escala piloto del sistema.



Fuente: autores, 2022.

Actividad 2.2.1. Evaluación de las condiciones de funcionamiento del sistema de captación.

En primer lugar, se presenta un análisis de las posibles influencias de las condiciones ambientales en la operación del sistema, es decir en la cantidad de agua captada:

La captura de agua atmosférica es una tecnología simple y sostenible, con base en la exposición de una malla tipo Raschel a las masas de aire con niebla (Klemm et al., 2012). De esta manera, la malla retiene el agua que se encuentra suspendida en el ambiente, la que a su vez depende de la saturación del aire, pudiéndose obtener por métodos de captación activa o pasiva (Bautista et al., 2013).

Tabla 7. Condiciones ambientales que influyen en el volumen de agua del sistema de captación.

Parámetro	Resultado	Referente	Uribia, La Guajira	Favorabilidad
Humedad	50% y 70%	(Bautista et al., 2013).	67 – 75%	Favorable
Niebla	Períodos de niebla son más prolongados	(Garcidueñas, 2018),	Pocos	No favorable
Altitud	Altitudes de aproximadamente 400 a 1.200msnm	(Garcidueñas, 2018),	10 msnm	No favorable
Viento	Presencia de vientos	(Cereceda, y otros, 2014)	15 km/h y 20 km/h	No favorable
Temperatura	Temperaturas bajas. La cantidad de vapor de agua que puede ser absorbido por el	(Tejeda, 2018)		No favorable

	aire depende de la temperatura del ambiente	
Época del año	Sequía estacional durante gran parte del año.	No favorable
Evapotranspiración	Evapotranspiración potencial es muy superior a la cantidad de humedad suministrada por las lluvias	No favorable

Fuente: Autores, 2022.

El método pasivo se emplea en regiones donde el punto de rocío es menor a la temperatura ambiental, o bien donde la humedad relativa se encuentra entre 50 y 70%, lo que indica que el ambiente tiene una cantidad de agua insuficiente para permitir su condensación de forma natural (Bautista et al., 2013). El método pasivo no requiere suministro de energía adicional, ya que se fundamenta en condiciones climáticas que favorecen la formación de niebla densa (Thomas, 2003). Por lo anterior, los atrapanieblas pueden atender necesidades de comunidades situadas en zonas marginales. Sin embargo, la cantidad de agua condensada que obtienen es, por lo general, reducida y depende de la humedad relativa, la temperatura, el viento y de la variabilidad interanual.

Asimismo, de acuerdo con (Garcidueñas, 2018), la captación de agua niebla tiene un mejor funcionamiento en lugares cuyos períodos de niebla son más prolongados como zonas costeras donde se puede recoger el agua cuando ésta se desplaza tierra adentro impulsada por el viento y, en áreas montañosas si el agua está presente en nubes, en altitudes de aproximadamente 400 a 1.200msnm”.

El inicio de la condensación o aire saturado de vapor de agua, se da en el momento que se alcanza el punto de rocío, valor éste definido a la temperatura a la que debe ser enfriada, a presión constante, una masa de aire para que resulte saturada (Cereceda, y otros, 2014), siendo entonces la temperatura, la humedad y el punto de rocío los principales factores climáticos y meteorológicos para la generación de niebla, dado que “en un día caluroso y húmedo, el vapor de agua podría representar hasta el 6% del aire, mientras que en un día frío podría ser 0.07%” (Garcidueñas, 2018); por lo que la atmósfera mantiene un volumen de agua a la par con las reservas combinadas de fuentes superficiales y subterráneas. Así mismo según Carvajal de la Sota (2018) hay otros factores que se deben tener en cuenta para la elección de la zona en la que se desee captar agua niebla entre los que se tiene el viento y la humedad relativa.

La temperatura se convierte en un factor determinante para la captación de agua niebla en determinado lugar, pues según Tejeda (2018) la cantidad de vapor de agua que puede ser absorbido por el aire depende de la temperatura del ambiente, de igual manera el vapor de agua es dependiente de la temperatura, por lo que la cantidad de agua recolectada dependerá de la hora del día y la estación del año. En la noche la temperatura es menor que en el día y la humedad será mayor en dicho momento de tiempo, y por tanto será mayor la cantidad de agua que se pueda recolectar

Por último, el viento es el movimiento de aire causado por diferencias de temperatura o presión (Buchdahl, 2002). En este sentido, se tiene que el viento es un factor que influye en el mayor o menor potencial durante el proceso de captación agua niebla, dado que las velocidades fomentan el transporte de gotas de agua que en conjunto se convierten en niebla, así mismo porque el viento permite que las gotas sean interceptadas por las mallas utilizadas para la captación (Cereceda, y otros, 2014), sin embargo, cabe destacar que, si bien es un factor importante, cuando las velocidades de éste son mínimas no es una condición que altere la permanencia de la niebla (Baquero; Delvasto y Mejía, 2018).

En segundo lugar, consecuentemente se definió su porcentaje de eficiencia a través del método de estimación de Soriano (2015) definido como ecuación de flujo másico, el cuál calcula el potencial de producción de agua a partir de la condensación de la niebla de la siguiente manera:

$$m = \rho v A$$

Donde:

m = Flujo másico (Kg/s)

v = Velocidad media del viento (m/s)

ρ = Densidad del agua en la niebla (Kg/m³)

A = Área de la malla

Para la cuantificación del caudal líquido a través de la obtención del caudal másico (flujo másico) se definirá un intervalo de medición (estipulado en 1 día) y relacionando que un Kg de agua es equivalente a 1 litro de esta, se podrá obtener el potencial de producción del L/m²*día. (Juliao, et al., 2016)

$$m = 0.005 \text{ kg/m}^3 * 1,18 \text{ m/s} * 4 \text{ m}^2$$

$$m = 0,0236 \text{ kg/s}$$

Actividad 2.2.2 Definición de metas y objetivos para la óptima operación del sistema de captación.

Con el fin de determinar la óptima operación del sistema de captación de agua atmosférica se plantean los siguientes objetivos, actividades y metas. Ver tabla.

Tabla 8. **Definición de metas y objetivos para la óptima operación del sistema de captación.**

Objetivo	Actividades	Metas
Definir y conocer la favorabilidad de la captación del agua atmosférica en relación con los distintos parámetros hidrometeorológicos	Diagnóstico de la línea base socioambiental del área de influencia con base en los parámetros: temperatura, velocidad y dirección del viento, topografía, humedad relativa, radiación solar y	Concretar las posibles influencias de las condiciones ambientales en la operación del sistema, es decir en la cantidad de agua captada

precipitación, para esto se debe pedir información al IDEAM de por lo menos los últimos 10 años

Captar a través del prototipo la cantidad de agua necesaria para el uso definido por la vivienda

Operación y funcionamiento del sistema o prototipo de captación de agua atmosférica.

500 litros por semanas para las necesidades de la vivienda escogida

Mejorar el impacto socioeconómico sobre las comunidades establecidas en el área de influencia a través de la implementación del prototipo.

Por medio de una encuesta evaluar el impacto positivo y negativo del funcionamiento del sistema con el fin de conocer el impacto social y económico

Mejoras en el impacto social y económico del sistema de captación

Fuente: autores, 2022.



6.3. Fase III: Evaluación de la eficiencia del prototipo de captación de agua a escala piloto.

Actividad 3.1. Evaluar la eficiencia del prototipo

Para evaluar la eficiencia del prototipo se plantean los siguientes indicadores de desempeño, así como el volumen de agua captado a lo largo del funcionamiento del sistema de captación de agua atmosférica.

Volumen de agua captada (m³)

Evaluación de las condiciones ambientales que influyen en el sistema de captación

Tipo de malla utilizada para el sistema de captación

Área de la malla utilizada para el sistema de captación

Tiempo de funcionamiento del sistema de captación

Tabla 9. Captación de agua atmosférica.

Día de monitoreo	Tipo de malla		
	Polisombra	Toldillo	Tela negra geotextil
	Vol. De agua (ml)	Vol. De agua (ml)	Vol. De agua (ml)
5 de septiembre	0	0	0
8 de septiembre	0	0	0
9 de septiembre	0	0	0
15 de septiembre	0	0	0
22 de septiembre	0	0	0

24 de septiembre	100	75	55
1 de octubre	0	0	0
8 de octubre	0	0	0
12 de octubre	75	50	15
13 de octubre	50	0	0
20 octubre	0	0	0
23 octubre	0	0	0
3 de noviembre	50	20	10

Fuente: autores, 2022.

Los puntos débiles, errores de diseño y fortaleza del sistema implementado se presentan a continuación esto con el fin de evaluar factores que influyen en su operación y también para que sirva como insumo para la elaboración de las acciones preventivas, correctivas y de mejora que se presentan en la siguiente fase de este documento.



Tabla 10. Evaluación del sistema de captación de agua atmosférica.

Puntos débiles	Errores de diseño	Fortaleza
<p>Temperatura</p> <p>Velocidad del viento</p> <p>Dirección del viento</p> <p>Topografía – altitud</p> <p>Humedad relativa</p> <p>Radiación solar</p> <p>Precipitación</p> <p>Evapotranspiración del sitio de estudio</p>	<p>Un estudio riguroso sobre el tipo de malla a utilizar, en donde se resalte ventajas y desventajas de acuerdo con las condiciones socioambientales del sitio de estudio.</p> <p>Determinar la altura adecuada del prototipo.</p> <p>Determinar el área adecuada de la malla que permite captar el agua atmosférica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Económico en cuanto a su fabricación. • No requiere de mano de obra calificada. • No requiere energía eléctrica por lo cual es ideal para zonas rurales como Uribia, La Guajira. • Suplir las necesidades de las viviendas, mejorando sus condiciones sociales y económicas
<p>No puede ser utilizado como agua para consumo humano, a menos que esta sea sometida a un proceso de potabilización</p>		

Fuente: autores, 2022.

6.4. Fase IV: Definición de acciones preventivas, correctivas y de mejora que permitan garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de captación de agua.

Se estipularon las siguientes acciones preventivas, correctivas y de mejora para la implementación del prototipo en otra ocasión, buscando la mejora del sistema de captación:

- Para la implementación de los sistemas recolectores se debe realizar un diseño estructural teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de la malla debido a que el viento genera presiones sobre el tejido y ésta a su vez impone fuerzas sobre la estructura de soporte que luego son transferidas a los cimientos.
- Un estudio riguroso sobre el tipo de malla a utilizar, en donde se resalte ventajas y desventajas de acuerdo con las condiciones socioambientales del sitio de estudio.
- Probar con un área más grande de la malla con el fin de verificar si de esta manera la captación de agua es mayor.
- Probar con una altura más grande de la malla con el fin de verificar si de esta manera la captación de agua es mayor.
- Realizar un análisis costo – Beneficio sobre el sistema de captación.



7. CONCLUSIONES

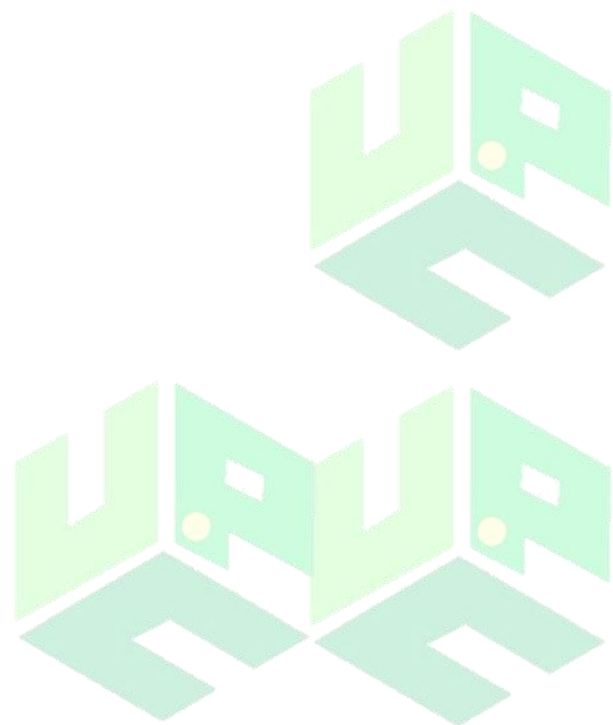
En cuanto a las condiciones ambientales del municipio de estudio, es decir Uribia, La Guajira, con relación al viento, existe una duración de alrededor de 8 meses, en los cuales se presenta la mayor época ventosa, en la cual los vientos viajan en promedio a 20.4 Km/h y en los meses restantes en los que el viento es más calmado, este corre en un promedio de 15.5 KM/h. Así mismo, en cuanto a la dirección del mismo, existe una predominancia hacia el este con ligeros cambios no muy seguidos en los que la dirección es hacia el noreste o el sureste. En esta región se encuentra el municipio con mayor promedio de brillo solar en el país, el cual es Uribia en el departamento de la Guajira con 8,3 hSd. (IDEAM)

Además, el mes con la humedad relativa más alta es Noviembre (77%). El mes con la humedad relativa más baja es Abril (67%). La mayor parte del territorio de Uribía tiene una temperatura media comprendida entre los 27 y los 30 °C. Las lluvias invernales caen apenas en unos pocos aguaceros de gran intensidad (son comunes aguaceros entre 80 y 181 mm en veinticuatro (24) horas, en contraste con períodos de sequía de más de seis (6) meses.

El diseño del prototipo fue de alto de cuatro (4) metros (palos), altura de la malla de dos (2) metros, con un espacio de un (1) metro entre la base del sistema y el comienzo de la malla; además, tuvo un acho de dos (2) metros. El balde tenía una capacidad de cuatro (4) litros, y la canaleta tuvo un diámetro de 3 pulgada.

En cuanto a las condiciones ambientales y su influencia en el sistema se encontró que la humedad relativa fue favorable para la captación de agua atmosférica, sin embargo, la altitud, temperatura, evaporación y viento son condiciones que dificultan la operación de este tipo de prototipos. Ahora en lo que respecta a la eficiencia del sistema propuesta cabe mencionar que el prototipo con malla de propileno fue el que tuvo mejor eficiencia dado que logró captar durante el periodo analizado (05 de sept hasta el 03 de nov) 275 ml de agua, mientras que los otros dos con malla de toldillo y tela negra de geotextil tuvieron volúmenes de captación de 145 ml y 80 ml respectivamente.

Asimismo, se propusieron cuatro medidas preventivas, correctivas y de mejora para la implementación del prototipo en otra ocasión, buscando la mejora del sistema de captación.



8. RECOMENDACIONES

Realizar un estudio costo – beneficio con el fin de implementar este sistema en tamaño real.

Experimentar con otros tipos de malla con el fin de conocer la eficiencia del sistema.

Ubicar este sistema de captación de agua atmosférica en otros municipios de La Guajira con el fin de conocer su funcionamiento en cuanto a eficiencias.

Evaluar otras alternativas de captación de agua que sean no convencionales y que permitan satisfacer las necesidades de las personas.

Es necesario utilizar elementos de sujeción entre malla y la estructura, de forma que estos no modifiquen la recolección del agua y permitan el movimiento de las gotas de neblina y rocío hacia los receptores.

En la ejecución de los sistemas de captación es necesario realizar un diseño estructural teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de la malla debido a que el viento genera presiones sobre la malla y está a su vez impone fuerzas sobre la estructura que son transferidas a los cimientos.

Se considera necesario indagar de mayor manera en las proyecciones de fluctuación de las condiciones atmosféricas, toda vez que se cualquier cambio en ella genera un impacto directo en la productividad del equipo.

Se recomienda concientizar a la comunidad mediante campañas, programas con instituciones educativas y de salud de la importancia del agua potable y sus beneficios en los aspectos fundamentales para tener una vida saludable y disminuir los índices de morbilidad. Así mismo, se deben buscar alianzas con entidades no gubernamentales cuya misión sea afín a esta propuesta para garantizar la implementación en otras comunidades que lo requieran

BIBLIOGRAFÍA

Arias (2005) Análisis del desempeño térmico de un colector de rocío atmosférico (Tesis de grado/ Tesis de maestría- Instituto politécnico Nacional de México) Recuperado de: https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2090/1/1198_2005_ESIME-ZAC_MAESTRIA_arias_torres_jorgeernesto.pdf

Ballesteros, F. Díaz, F. Moyano, L. Paz, M. (2018) Estudio de factibilidad de un sistema de generación atmosférico de agua potable para los habitantes de la vereda Paramón en el municipio de Pulí, departamento de Cundinamarca (Trabajo de grado/ Tesis especialización, Universidad Católica de Colombia) Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22688/1/Informe%20Final%20-%20Generador%20Atmosf%C3%A9rico.pdf>

Bautista A (2015) Aprovechamiento de la humedad atmosférica como fuente no convencional de agua para uso doméstico. (Trabajo de grado/ Tesis doctoral en Ciencias-Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas) Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6FD2B6391464209405257C-CA00024090/\\$FILE/BautistaOlivasHidrociencias2013.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/6FD2B6391464209405257C-CA00024090/$FILE/BautistaOlivasHidrociencias2013.pdf)

Canal 1 (2018) Uribía, un paraíso con sed en La Guajira. Recuperado de: <https://noticias.canal1.com.co/nacional/uribia-un-paraiso-con-sed-en-la-guajira/>

El País (2020) Colombia: rica en agua, pero con sed de inversiones. Recuperado de: <https://elpais.com/economia/2020-09-02/colombia-rica-en-agua-pero-con-sed-de-inversiones.html#:~:text=Todav%C3%ADa%20persisten%20deficiencias%20considerables%20en,a%20tan%20solo%20el%2017%25.>

El tiempo (2019) Pese a fallos que ordenan llevar agua, La Guajira sigue con sed. Recuperado de:
<https://www.eltiempo.com/justicia/cortes/a-pesar-de-varias-ordenes-judiciales-la-guajira-siguen-sin-agua-potable-375962>

Gutierrez y De la Vara (2008). Análisis y diseño de experimentos. Editorial Mc Graw Hill. Segunda edición. México D.F. recuperado de:
https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseño_experimentos.pdf

Girano M. (2019) Elaboración de sistema de captación de humedad atmosférica como fuente potencial para la generación no convencional de agua potable (Trabajo de grado/ Tesis pregrado- Universidad privada del Norte de Lima-Perú) Recuperado de:
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23462/Girano%20Corbera%2c%20Miguel%20Alexander.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ideam (2018) Estudio Nacional del Agua. Recuperado de: <https://cta.org.co/descargables-biblionet/agua-y-medio-ambiente/Estudio-Nacional-del-Agua-2018.pdf?>

Juliao M, León J, Polo R. (2016). Diseño mediante modelos matemáticos de un prototipo para la captación de niebla en la vereda de Leticia, corregimiento de pasacaballos (Bolívar), como método de recolección de agua. (Tesis de grado/ Universidad de San Buenaventura- Seccional Cartagena) Recuperado de:
http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/3876/1/Dise%C3%B1o%20mediante%20modelos%20matem%C3%A1ticos_M%C3%B3nica%20Juliao%20V_2016.pdf

Martínez & Lira (2008) Cálculo de la Temperatura de Punto de Rocío a Diferentes Valores de Presión. Recuperado de:
https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M1/SM2008-M117-1098.pdf

Montiel H. (2005) El agua como recurso natural, su régimen jurídico y la autoridad competente. (Trabajo de grado /Tesis de pregrado- Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de: <http://132.248.9.195/pdtestdf/0341546/Index.html>

ONU (S.F) La escasez de agua. Recuperado de: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

ONU (2006). Informe sobre Desarrollo Humano 2006 Publicado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Recuperado de: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2006_es_completo.pdf

ONU (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. Recuperado de: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

ONU (2020). El agua, parte del problema, pero también de la solución ante el cambio climático. Recuperado de : <https://news.un.org/es/story/2020/03/1471492>

Pinzón J. (2018). Prototipo generador de agua a partir de condensación del aire. (Trabajo de grado- Universidad Distrital Francisco José de Caldas) Recuperado de: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13459>

PNUD (2006) La escasez del agua “Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua”. Recuperado de: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

Plan Municipal de Uribí (2016- 2019) Todo por Uribí. Recuperado de: <http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/PLAN%20%20MUNICIPAL%20DE%20%20DESARROLLO%20DE%20URIBIA%20%20VERSION%20%20FINAL%20%20MAS%20%20FIRMAS%20%20MESA%20DIRECTIVA%20%20Y%20%20PARRAFO.pdf>

Rodríguez (2016). _Diseño y calculo de un dispositivo para la obtención de agua potable por condensación de la humedad del aire.(Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales- Universidad Politecnica de Madrir) Recuperado de:
http://oa.upm.es/42784/1/TFG_PABLO_RODRIGUEZ_PAJARON.pdf

Ruiz J. (2017) Modelo para abastecer agua potable implementando un generador de agua atmosférica para viviendas ubicadas en una ladera – El Caballero Carabayllo (Trabajo de grado/ Tesis de grado- Universidad César Vallejo- Lima- Perú) Recuperado de:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28851/Ruiz_GJM.pdf?sequence=1

Sampieri R. (2014). Metodología de la investigación (Sexta edición- Medico D.F) Recuperado de:
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Sánchez y Gándara (2011) Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable (Primera edición, SyG editores, México D.F) Recuperado de:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=L8v8CRDFm-oC&oi=fnd&pg=PA9&dq=agua+atmosf%C3%A9rica+concepto&ots=eBuFh0Y445&sig=fyCw5L9wu9OCuQLcMMX_7VAvrLU#v=onepage&q=agua%20atmosf%C3%A9rica%20concepto&f=false

Soriano M. (2015) Niebla como fuente alternativa de suministro de agua. (Trabajo de grado/Tesis de especialización- Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito) Recuperado de:
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/Soriano%20Mateus-%20Manuel%20Antonio-2015.pdf>

Weather Spark (2021). El clima promedio en Uribia. Recuperado de:
<https://es.weatherspark.com/y/25355/Clima-promedio-en-Uribia-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>