



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA LA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN
IBARRA”**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES: CAMACÁS PAREDES YESENIA ALEXANDRA
ROSERO CUASPA ÁNGEL ARTURO**

DIRECTOR:

Ing. Gonzalo Andrés Farinango Vallejos. MSc.

Ibarra - Ecuador

Junio 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**"DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA LA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN
IBARRA"**

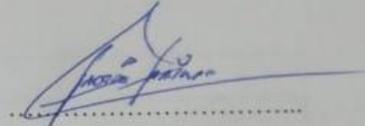
Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del Título
de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Ing. Gonzalo Farinango, MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Ing. Manolo Carrión, MSc.

ASESOR



FIRMA

Ing. Gladys Yaguana, MSc.

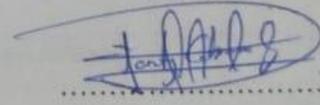
ASESORA



FIRMA

Ing. Santiago Cabrera, MSc.

ASESOR



FIRMA

Ibarra – Ecuador

Junio 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hacemos la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		0401523345	
APELLIDOS Y NOMBRES		Camacás Paredes Yesenia Alexandra	
DIRECCIÓN:		Tulcán – Carchi	
EMAIL:		yesenia_camacas@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO:	062615598	TELÉFONO MÓVIL:	0959728566

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		1003297205	
APELLIDOS Y NOMBRES		Rosero Cuaspa Ángel Arturo	
DIRECCIÓN:		Ibarra- Imbabura	
EMAIL:		acesoriasangelrosero@gamil.com	
TELÉFONO FIJO:	062607976	TELÉFONO MÓVIL:	0978921533

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN IBARRA”
AUTORES:	Camacás Paredes Yesenia Alexandra Rosero Cuaspa Ángel Arturo
FECHA:	10 de junio 2019
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ing. Gonzalo Farinango, MSc.

2. CONSTANCIA

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 10 de junio del 2019.

LOS AUTORES:



.....
Yesenia Alexandra Camacás Paredes

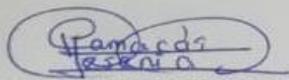


.....
Ángel Arturo Rosero Cuaspa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

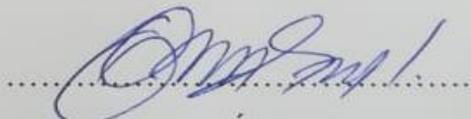
**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Nosotros, CAMACÁS PAREDES YESENIA ALEXANDRA, con la cédula de identidad Nro. 0401523345 y ROSERO CUASPA ÁNGEL ARTURO, con la cédula de identidad Nro. 1003297205; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autores de la obra de trabajo de titulación denominada “**DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA LA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN IBARRA**”, que ha sido desarrollada para obtener el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



.....
Camacás Paredes Yesenia Alexandra

C.I. 0401523345



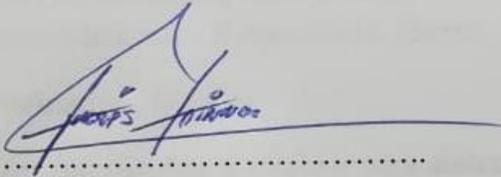
.....
Rosero Cuaspa Ángel Arturo

C.I. 1003297205

Ibarra, a los 10 días del mes de junio del 2019.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores CAMACÁS PAREDES YESENIA ALEXANDRA, con cédula de ciudadanía Nro. 040152334-5 y el señor ROSERO CUASPA ÁNGEL ARTURO, con cédula de ciudadanía Nro. 100329720-5, bajo mi supervisión en calidad de director.



Ing. Gonzalo Farinango, MSc.

DIRECTOR

Ibarra, a los 10 días del mes de junio del 2019

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

GUÍA: FICAYA – UTN

FECHA: 10 junio del 2019

CAMACÁS PAREDES YESENIA ALEXANDRA

ROSERO CUASPA ÁNGEL ARTURO

“DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA LA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN IBARRA”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte,
Carrera en Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 10 de junio del 2019.

DIRECTOR: Ing. Gonzalo Farinango, MSc

El objetivo de esta investigación fue diseñar y evaluar tres sistemas captanieblas para la cosecha de agua en la zona de Cubilche, siendo el prototipo “árbol” una propuesta de los investigadores. Se tomó en cuenta tres aspectos para el diseño y desarrollo del presente trabajo: económico, impacto paisajístico y eficiencia de los captanieblas, con la finalidad de determinar el sistema más apropiado en la zona de estudio.

Ibarra, 10 de junio del 2019

AUTORES

.....
Camacás Paredes Yesenia Alexandra

.....
Rosero Cuaspa Ángel Arturo

DIRECTOR

.....
Ing. Gonzalo Farinango, MSc.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a cada una de nuestras familias, porque es por ellos que llegamos a cumplir una meta más en nuestras vidas.

A la Universidad Técnica del Norte, en particular al cuerpo Docente de la Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, por esos conocimientos brindados en las aulas y los cuales nos formaron como profesionales.

Agradecemos a nuestro director de tesis Ing. Gonzalo Farinango Msc., por la dedicación y apoyo brindado, a nuestros asesores Ing. Verónica Ríos Msc. Ing. Sandra Gavilanes Msc. Ing. Gladys Yaguana MSc. Ing. Manolo Carrión MSc. Ing. Santiago Cabrera Msc., y demás personas que contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.

Nuestros agradecimientos especiales al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Angochagua, quienes brindaron un valioso apoyo para la implementación de la presente investigación, por su atención y colaboración.

Yesenia Camacás Paredes

Ángel Rosero Cuaspa

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi madre por su apoyo en todos estos años, a sus esfuerzos en formarme como profesional. A mi hermano Ulpiano por su amistad y consejos en aquellos momentos fundamentales de mi vida, por brindarme su apoyo, a mi familia en general, que han visto mis esfuerzos dentro de mi formación profesional y a todas las personas que fueron parte de todo este proceso. Muchas gracias.

Ángel Rosero Cuaspa

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia, a mi padre Telmo Camacás por su apoyo en todos estos años de desarrollo académico, a mi madre Amanda Paredes en especial, por brindarme su comprensión, apoyo y amor incondicional, a mis queridas hermanas y compañeras de vida, Marce y Karo, por su consejo y cariño infinito.

A mis queridos amigos y compañeros de lucha, en especial a Ángel Rosero y Alex Tixicuro, que me brindaron su guía, consejo y apoyo incondicional, a todas esas queridas personas que me alentaron a cumplir mis metas, me impulsaron ser más fuerte y sacar lo mejor de mí, y que de una u otra manera contribuyeron en mi formación, a todos ustedes muchas gracias.

Yesenia Camacás Paredes

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
Preguntas directrices de investigación	5
CAPITULO II REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	6
2.1 Marco teórico	6
2.1.1 Sistemas de captación	6
2.1.2 Sistemas captanieblas	6
2.1.3 Variables	6
2.1.3 Pluviometría.....	11
2.2 Marco Legal	12
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	14
3.1 Descripción de la zona de estudio.....	14
3.2. Materiales y equipos	18
3.3 Método	18
3.3.1. Primera fase: Análisis de la información	20
3.3.2 Segunda fase: Diseño e implementación de los captanieblas.	28
3.3.3. Tercera fase: Factibilidad	34
Factibilidad económica.....	37
Impacto paisajístico.....	37
Rendimiento	40
Nivel de captación.....	40
Área de diseño.....	40
Área de captación	40
Durabilidad.....	41

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Análisis de información.....	42
4.3.1 Factibilidad económica.....	56
4.3.2 Rendimiento.....	59
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1. Conclusiones.....	63
5.2 Recomendaciones.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Higrómetro Pro'sKit NT-312.	8
Figura 2. Mapa base de la zona del Cubilche.	14
Figura 3. Mapa de cobertura vegetal de la zona del Cubilche.	16
Figura 4. Mapa de relieve de la zona del Cubilche.....	17
Figura 5. Organigrama de la metodología implementada en la investigación.	19
Figura 6. Situación de tres estaciones meteorológicas más cercanas a la zona.	20
Figura 7. Datos faltantes en la base de datos de una estación meteorológica.....	21
Figura 8. Formato LEMA de la base de datos HIDRO del CEDEX	22
Figura 10. Datos faltantes identificados con -100 con el formato LEMA.	22
Figura 10. Gráfica de humedad relativa de la estación Yuyucocha-UTN M1240.....	23
Figura 11. Gráfica corregida de humedad relativa de estación San Pablo M0110....	23
Figura 12. Valores modificados con LEMA de las tres estaciones meteorológicas..	24
Figura 13. Captanieblas de pantalla.	28
Figura 14. Alambre y estacas de acero.	29
Figura 15. Mallas utilizadas diferentes actividades-Códice Azcatitlan, México.....	31
Figura 16. Captadores NRP 3.0	31
Figura 17. Árbol Garaoé.	32
Figura 18. Capacitación a personal del GAD Parroquial de Angochagua.	33
Figura 19. Captanieblas implementados en la Laguna de Cubilche.	33
Figura 20. Higrómetro utilizado para recolectar datos.	34
Figura 21. Interpretación de las variables inversamente proporcionales	36
Figura 22. Variables para la evaluación del impacto pasajístico	39
Figura 23. Comportamiento de las variables a lo largo de quince años.....	42
Figura 24. Comportamiento de las variables en los meses de la investigación	43
Figura 25. Comparación de temperaturas entre el INAMHI y la investigación	44
Figura 26. Comparación de humedad relativa entre el INAMHI y la investigación .	45
Figura 27. Comparación de precipitaciones entre el INHAMI y la investigación.....	46

Figura 28. Comparación de velocidad del viento entre INHAMI y la investigación	47
Figura 30. Correlación de variables meteorológicas de campo y del INHAMI	49
Figura 30. Diseño de captanieblas bidimensional	52
Figura 31. Diseño de captanieblas prisma cuadrangular	53
Figura 32. Sistema de anclaje	53
Figura 33. Prototipo captanieblas propuesto, “árbol”	54
Figura 34. Factibilidad de cada prototipo	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ponderación de los datos de las estaciones meteorológicas	25
Tabla 2. Pesos de las estaciones meteorológicas	26
Tabla 3. Valores medios Z_{xi} de la humedad relativa de las estaciones	27
Tabla 4. Valores interpolados para la zona del Cubilche	28
Tabla 5. Variables de factibilidad	35
Tabla 6. Fórmulas para la puntuación de las variables	36
Tabla 7. Valores del impacto paisajístico aplicables a las variables	39
Tabla 8. Materiales y equipos utilizados en el trabajo de titulación	18
Tabla 9. Dimensiones de los tramos y segmentos	55
Tabla 10. Dimensiones de los mallados	55
Tabla 11. Análisis de comparación entre los diseños	56
Tabla 12. Costo del captanieblas de pantalla bidimensional	57
Tabla 13. Costo del captanieblas prisma rectangular	57
Tabla 14. Costo del prototipo captanieblas	58
Tabla 15. Costos totales de cada captaniebla	58
Tabla 16. Impacto paisajístico de los prototipos	59
Tabla 17. Nivel de captación de cada prototipo	60

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
“DISEÑO DE CAPTANIEBLAS PARA LA ZONA DE CUBILCHE, CANTÓN
IBARRA”

Trabajo de titulación

Nombre de los estudiantes: Camacás Paredes Yesenia Alexandra

Rosero Cuaspa Ángel Arturo

RESUMEN

El agua, indispensable para el desarrollo de los seres vivos, enfrenta grandes problemáticas a nivel mundial como la escasez y la contaminación, tornándolo un recurso poco accesible; por ende, la investigación e implementación de tecnologías que brinden solución a esta adversidad es primordial para el progreso y supervivencia de la humanidad. Una de las nuevas tecnologías constituye los sistemas captanieblas, que son estructuras que colectan agua atmosférica en zonas con presencia de neblina. El GAD Parroquial de Angochagua impulsa proyectos encaminados al desarrollo de la comunidad en pro del ambiente, sugirió la implementación de captanieblas en Cubilche, ecosistema de páramo que se ha visto afectado por la expansión agrícola y forestal, a fin de mejorar las condiciones hídricas y los beneficios ecosistémicos, ya que es un atractivo ecoturístico que permite el desarrollo económico de las poblaciones aledañas. La presente investigación se desarrolló con cuatro etapas cuyo objeto fue diseñar sistemas captanieblas eficientes y visualmente amigables con el ambiente, iniciando con el análisis de la información meteorológica, a fin de seleccionar los materiales adecuados para el diseño e implementación de los tres captanieblas, posteriormente se procedió al registro *in situ* de información, para finalmente analizar tres aspectos: económico, impacto paisajístico y rendimiento de los captanieblas, con la finalidad de conocer su factibilidad y seleccionar el sistema más óptimo, en función de los resultados obtenidos. La información obtenida determinó que las condiciones meteorológicas de la zona de estudio fueron favorables para la aplicación de los tres modelos de captanieblas propuestos, se determinó que el prototipo pantalla es el óptimo, sin embargo, el prototipo propuesto en la investigación “árbol” es el de mayor acogida por los encuestados y de menor impacto visual.

Palabras clave: agua, neblina, humedad del ambiente, recuperación hídrica, captanieblas.

ABSTRACT

Water, indispensable for the development of living beings, faces major global problems such as scarcity and pollution, making it an inaccessible resource; Therefore, the research and implementation of technologies that provide a solution to this adversity is paramount to the progress and survival of humankind. In this sense, one of the new technologies constitutes the captanieblas systems, which are structures that collect atmospheric water in areas with the presence of fog. The parish GAD of Angochagua promoting projects aimed at the development of the community for the environment, proposed the implementation of captanieblas in Cubilche, paramo ecosystem that has been affected by agricultural and forestry expansion, in order to improve Water conditions and ecosystem benefits, as it is an ecotourism attraction that allows the economic development of the surrounding populations. This research worked with four stages aimed at designing efficient and visually friendly captanieblas systems with the environment, initiating with the analysis of meteorological information, in order to select the appropriate materials for the design and implementation of the three captanieblas, subsequently proceeded to the on-site registration of information, to finally analyze three aspects: economic, scenic impact and performance of the captanieblas, in order to know their feasibility and select the most optimal system; depending on the results obtained. The information determined that the meteorological conditions of the study area were favorable for the application of the three models captanieblas, it was determined that the prototype screen is the most optimal, however, the prototype proposed in the research "tree" is the most welcome by respondents and less visual impact.

Key words: water, mist, fog, humidity, hydric recovery, captanieblas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

- Problema de investigación

El agua es el elemento natural de vital importancia para el desarrollo de los procesos biológicos en el planeta (Zaror, 2002). Para el ser humano constituye no sólo un recurso natural para satisfacer su necesidad básica de consumo, sino también la del desarrollo de sus demás actividades, como la agricultura, la ganadería, la pesca, además del ámbito industrial y tecnológico (Lavell, 1996).

Según estadísticas internacionales, la cantidad de agua existente en el planeta es suficiente para satisfacer las necesidades de toda la población mundial, pero factores como mala gobernanza, pobreza, escasez de infraestructura y problemas referidos a calidad de agua, inciden en la muerte de millones de personas a causa de enfermedades de origen hídrico (Organización de las Naciones Unidas, 2016).

América Latina y el Caribe poseen el 15% de disponibilidad de agua a nivel territorial mundial y el 29% de las precipitaciones del planeta (Cirelli y du Mortier, 2005), sin embargo, su distribución espacial y temporal no es uniforme, por lo que la disponibilidad de agua varía dentro de cada región, sin tomar en cuenta cuestiones de gestión nacional (Food and Agriculture Organization, 2015). Las nuevas generaciones se enfrentan a una problemática de escasez del recurso hídrico, debido a acciones antrópicas, como la contaminación del agua, la mala distribución, el desperdicio, el mal manejo del recurso, entre otras acciones, las cuales han provocado un desequilibrio en el ciclo hidrológico (Leff, 1994).

La humanidad se ha visto en la necesidad de idear e implementar nuevas alternativas que permitan utilizar de manera sustentable los recursos naturales, con el fin de

optimizar, dar un mejor manejo y de reducir el estrés hídrico, al que ya se ve sometido varias zonas del planeta (Gudynas, 2000). Según las Naciones Unidas (2016), “en el año 2030, casi la mitad de la población mundial vivirá en áreas de estrés hídrico”, lo cual provocará una baja producción en los sectores agrícola y ganadero, que demandan grandes cantidades de agua para su producción y por ende escasez de alimento; además de desplazamientos de millones de personas a nuevas zonas que posean agua que les permitan subsistir.

Los sistemas captanieblas o atrapa nieblas, son una de las alternativas para recolección artificial de agua que ha sido desarrollada empíricamente desde hace siglos atrás. Estos sistemas consisten en colocar un obstáculo (malla), que permita formar una barrera para luego condensar las microgotas de la neblina en agua líquida y posteriormente recolectarla para su uso, de forma sostenible y con un elevado potencial de autoconstrucción y autogestión (Pascual, Naranjo, Payano y Medrano, 2011). Dependen de diversos factores: ambientales (clima, relieve, viento, humedad), económicos, y culturales (sistemas nativos de captación); por tanto, para la instalación es necesario involucrar un conjunto de aspectos que van a influir directamente en su instalación y funcionamiento, pero que contribuirá a satisfacer las necesidades de la población (Garavito, 2012; Palacio, 2010).

Estos sistemas han sido estudiados, desarrollados y mejorados en diferentes zonas del planeta, algunos ejemplos son: Las Islas Canarias en España, en donde a pesar de que el recurso era escaso y no satisfacía las necesidades de la población, la flora nativa prosperaba en presencia de un fenómeno climático, la camanchaca (niebla costera), la cual contenía agua en pequeñas partículas que posteriormente condensaban y formaban fuentes de agua para abastecer a la vegetación (Cerezal y Bayón, 2010); de manera similar, en la Cuenca de Texcoco en México, se hallaron vestigios de redes: una para pesca, otra aparentemente para condensar las gotas de rocío y utilizar esa agua para consumo (Herrera, 2012); en Chile, la crisis hídrica de la ciudad de Antofagasta en el

año de 1956, movió a varios investigadores a aprovechar la camanchaca (Poveda y Sanabria, 2017); otro claro ejemplo de resultados positivos aplicando este método en el mismo país, es el bosque relictual del Parque Nacional Fray Jorge, en el cual se ha podido obtener un rendimiento entre 2 a 10 l/m²/día (Román, 1999). Con el tiempo, Chile se convirtió en uno de los países sudamericanos pioneros en la aplicación y desarrollo de tecnología para la recolección de agua niebla, como medio alternativo de captación del recurso hídrico para el mejoramiento productivo de zonas agrícolas (Pascual et al., 2011).

En Ecuador también se han aplicado estos novedosos sistemas como en el caso de la comunidad de Caspigasí al norte de Quito, que, con apoyo de la Corporación para el Desarrollo de la Zona Equinoccial y el Consejo Provincial de Pichincha, obtuvieron resultados beneficiosos para la activación de la agricultura de la zona (García, 2015). En la ciudad de Loja se han aplicado conocimientos de sistemas alternativos que permitan abastecer de agua con calidad a pequeñas poblaciones, (Ortega, 2004), en un estudio que se llevó a cabo en una comunidad de la misma ciudad, se realizaron monitoreos de neblina y velocidad del viento, para analizar la factibilidad de la implementación de captanieblas, dando como resultado sistemas eficientes que brindaron agua de calidad con un nivel físico y bacteriológico óptimo para su consumo (Espinosa, Vargas y Oñate, 2005).

Adicionalmente se han realizado otros estudios, donde se abarca más aspectos para que los prototipos aumenten su rendimiento y sean más sustentables, tal es el caso del prototipo futurista Hydro-Net que pretende ser construido a gran escala y condensar la neblina aprovechando la energía solar para ser utilizada en el sistema de succión de las microgotas de neblina (Marcus, 2008).

En la provincia de Imbabura existen espejos de agua ricos en biodiversidad, los cuales contribuyen con una alta función ecosistémica y poseen un sin número de servicios

ambientales y turísticos; aspectos que hacen a esta provincia un sitio ideal para el desarrollo de importantes iniciativas de manejo y protección del recurso hídrico (Paspuel y Katherine, 2015). Dichas iniciativas se han tornado una prioridad para las autoridades y sus habitantes que se benefician directa e indirectamente de estos elementos naturales (Pazmiño y Domínguez, 2014). Las partes altas y medias de la cuenca hidrográfica donde se encuentra asentado el sector rural de la población y la gran mayoría de actividades agropecuarias, se han visto afectadas por la disminución de caudales que abastecen a más de 162 comunidades de la región imbabureña, producto de la creciente demanda de agua, la contaminación, degradación de las reservas hídricas y recursos naturales, además de la afectación por el cambio climático y la falta de infraestructura básica; por lo que varias alternativas de protección en estas zonas han sido implementadas, por ejemplo, la reforestación de cuencas que albergan y generan agua (Rosales, 2016).

- 1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar sistemas captanieblas para la recolección de agua niebla en la zona de Cubilche, cantón Ibarra.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento meteorológico del área de estudio
- Diseñar e implementar un prototipo captanieblas para compararlo con dos captanieblas convencionales.
- Determinar la factibilidad de los tres sistemas captanieblas para la Parroquia de Angochagua.

Preguntas directrices de investigación

- ¿Existen las condiciones meteorológicas adecuadas en el área de estudio, que permitan la aplicabilidad de sistemas de neblinas para la captación del recurso hídrico?
- ¿Cuáles son los materiales adecuados según las condiciones meteorológicas de la zona de estudio?
- ¿Cuál es el diseño óptimo de captanieblas, dadas las características propias del área de estudio?

CAPITULO II

- 2.1 Marco teórico

2.1.1 Sistemas de captación

Los sistemas de captación, son las obras que se realizan para obtener el agua de la fuente y mantener el flujo del recurso; el diseño de un sistema de captación, dependerá de diversos factores, sean ambientales (clima, relieve, precipitaciones, etc.), sean económicos, como también culturales (sistemas nativos de captación); es decir que, para la instalación de un sistema de captación de aguas, se verifica varios aspectos que van a influir directamente en su instalación y funcionamiento, con la finalidad de satisfacer la necesidad básica de los consumidores, procurando su salud y bienestar (Garavito, 2012).

2.1.2 Sistemas captanieblas

El sistema captanieblas, es un sistema artificial que consiste en colocar un obstáculo (una malla) que condensa las microgotas de la bruma o neblina en agua líquida, para posteriormente recolectarla, además este sistema permite la obtención del recurso de una manera alternativa, de forma sostenible, y con un elevado potencial de autoconstrucción y autogestión (Pascual et al., 2011).

2.1.3 Variables

En cuanto a las variables con las que los captanieblas trabajan, se menciona los más importantes, como: a) la temperatura, que depende de la cantidad de radiación solar que varía a lo largo del día en función de las horas de sol y en función de la altura sobre el nivel del mar, de la orografía de la zona y de los movimientos de las masas de aire

(Petterssen, 1968); b) la humedad relativa del ambiente, que es la cantidad de vapor de agua que se puede retener en el aire y que depende de la temperatura y de las condiciones previas de humedad atmosférica (Meruane y Garreaud, 2006); c) la precipitación, que es la condensación del vapor de agua dispuesto en mares, ríos, lagos, y superficie terrestre, y que precipita en forma de lluvia o nieve; d) la velocidad del viento, definida como el movimiento de una masa de aire sobre un plano, debido al gradiente de presión y temperatura, pudiendo ser de forma horizontal o vertical o la combinación de ambos (Palacio y Jiménez, 2012), y, e) el relieve, que corresponde a la variación de la cota de la superficie terrestre, y su análisis permite describir las características de una región a partir de las diferencias en las elevaciones del terreno que definen el entorno geométrico de una superficie (Joaquín, 2004).

- Temperatura

La temperatura ambiental es el resultado de la radiación solar y la variación de ésta dependerá de los movimientos (de masas de aires, más calientes o más frías, hacia un punto dado desde áreas adyacentes) de rotación y traslación terrestre (Brenes y Saborío, 1995).

- Humedad relativa en el ambiente

La atmósfera se encuentra compuesta por un líquido, principalmente por agua (vapor de agua) y aire seco, la cantidad de vapor de agua que se pueda retener en el aire, dependerá de la temperatura (el aire caliente admite más vapor de agua que el aire frío) (Meruane y Garreaud, 2006).

- Humedad relativa

La humedad relativa es la relación que existe entre la cantidad de agua suspendida en el aire (vapor de agua), y la densidad de vapor de saturación. Normalmente, la humedad relativa es menor al necesario para saturar el aire (Rodríguez, 2016).

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{densidad de vapor de agua}}{\text{densidad del vapor de saturación}} \times 100$$

Fuente: Diseño y Cálculo de un Dispositivo para la Obtención de Agua, Rodríguez (2016).

El higrómetro es un aparato que se utiliza para medir la humedad en el aire, el cual es capaz de medir el contenido de humedad en la atmósfera y la temperatura ambiente, a través de las propiedades de algunos materiales a dilatarse o contraerse según cuál sea el grado de humedad, como la crin de caballo o la tripa, el equipo que a utilizarse es el Pro'sKit NT-312 (Figura 1).



Figura 1. Higrómetro Pro'sKit NT-312.

- Velocidad del viento

Se define como el movimiento de una masa de aire sobre un plano, pudiendo ser este horizontal o vertical y en la mayoría de los casos como la combinación de ambos planos, causado directamente por la diferencia de temperaturas entre la superficie terrestre y la atmósfera (Palacio y Jiménez, 2012). Otras variables que se aplican sobre

la intensidad y dirección del viento son la irradiación solar y la rotación de la tierra sobre su propio eje, así como la variación de presión atmosférica (Lezaun, 2002).

La clasificación del viento está dada en función de las diferentes fuerzas que intervienen en dicho movimiento las cuales son: las fuerzas del gradiente de presión, coriolis y centrífuga (Quijano, 2011). Este tipo de fuerzas interviene en la formación final del viento como se muestra en la siguiente figura (Castro y Martínez, 1997).

- Curva hipsométrica

La curva hipsométrica constituye la representación gráfica de un relieve o cuenca que busca determinar que superficie existe por encima de una determinada cota (Alfaro, Andreu, Herrero, Martín, y Gómez, 2007).

Esta variable permite comparar entre diferentes cuencas los fenómenos de erosión y comportamiento del viento, por medio del análisis de pendientes, comparando diferentes sistemas hidrográficos empleando el criterio propuesto por Campos (1999) relacionando las alturas parciales y curvas de nivel con la altura total y su área total en base al análisis hipsométrico (Cardona, 2013).

- Análisis de relieve

Es el medio de análisis que nos permite describir las características de un relieve a partir de las diferencias en las elevaciones del terreno que definen el entorno geométrico de una superficie, denominadas parámetros de relieve (Joaquín, 2004). Estos describen las formas topográficas de forma global o local, debiendo cumplir las siguientes condiciones (Felicísimo, 2008):

- Relación con los procesos geomorfológicos
- No proporcionar información redundante “medir características distintas”

- Resolución del muestro y escala de trabajo

Neblina

La neblina es un fenómeno meteorológico el cual consiste en nubes muy bajas, a nivel del suelo y formadas por partículas de agua muy pequeñas, las cuales no tienen tanto peso para caer, por lo que quedan suspendidas en el aire y son desplazadas por el viento (Aranguis, 2009).

La mayor parte de las nieblas se producen al evaporarse la humedad del suelo, lo que provoca el ascenso de aire húmedo que al enfriarse se condensa dando lugar a la formación de estas nubes bajas (Aranguis, 2009). Cuando el aire se satura de vapor de agua, éste pasa a formar gotas de rocío, más conocido como neblina, es decir que, en ambientes muy húmedos amanecerá con rocío o neblina debido a que la humedad relativa ha alcanzado su máximo y no puede absorber más agua, pasa lo mismo cuando se suministra aire caliente en un cuarto cerrado, apareciendo vapor de agua en las ventanas (Meruane y Garreaud, 2006).

- Nieblas por Enfriamiento

Se generan mediante la disminución que experimenta la capacidad del aire para retener vapor de agua cuando disminuye la temperatura. Existe una relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un volumen de aire y la que contendría si estuviese saturado, esta relación se ha definido como humedad relativa. La humedad relativa será del 100% cuando el aire se halla saturado, esto es, cuando para una temperatura dada no puede admitir más vapor de agua sin condensar (Meruane y Garreaud, 2006).

- Niebla de Precipitación

Se produce cuando llueve y el aire bajo la nube se halla relativamente con baja humedad o seco, esto hace que las gotas de lluvia se evaporen y formen vapor de agua,

que se enfría, y al alcanzar el punto de condensación se convierte en niebla (Meruane y Garreaud, 2006).

Para que se dé este fenómeno meteorológico es necesario que se cumplan ciertas condiciones como: temperatura y humedad, viento que la desplaza, relieve (el cual determina su dirección y desarrollo) (Aranguis, 2009).

- Precipitación

La precipitación es la condensación del vapor de agua de cuerpos de agua (como mares, lagos, lagunas, ríos, etc.) y de la misma tierra, y se precipita a la superficie terrestre en forma de lluvia o nieve (Brenes y Saborío, 1995).

2.1.3 Pluviometría

La pluviometría es parte de la meteorología que se encarga de medir y estudiar la cantidad, la intensidad y la regularidad de las lluvias, según el espacio geográfico y las estaciones o épocas del año (Brenes y Saborío, 1995). Para esto se utiliza el pluviómetro, aparato básico que se encarga de medir las precipitaciones en un área determinada, éste se instala alejado de obstáculos que puedan influir sobre la cantidad de agua recogida y en lugares poco afectados por remolinos de aire que perturben la lectura. A la vez es necesario disponer de una importante red de pluviómetros, cuya densidad debe permitir obtener una idea representativa de la distribución espacial de las precipitaciones. En este sentido, es evidente que los errores al estimar promedios del agua caída aumentan cuando el número de estaciones es escaso, además, se ha comprobado que tienden a incrementarse cuando la precipitación es abundante y que en verano son mayores que en invierno por la mayor variación espacial de las lluvias (Cavero, 2013).

- 2.2 Marco Legal

El presente trabajo se enmarcó en la normativa legal nacional, amparada en la Constitución de la República del Ecuador (2008), donde se recalca la importancia del acceso al recurso agua, para el desarrollo y progreso del buen vivir, protegiendo a la vez los derechos de la naturaleza. A continuación, se mencionan algunos artículos referentes a la temática: El **Art. 14**, menciona que todas las personas tienen derecho a permanecer en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que permita la sostenibilidad y el buen vivir. El **Art. 71**, enfatiza en el derecho que tiene la naturaleza para continuar con los ciclos vitales, funciones y procesos evolutivos, incentivando a todas las personas a la protección de la misma, promoviendo el respeto a los componentes del ecosistema, donde se reproduce y realiza la vida; el **Art. 74**, hace mención a que todas las personas, pueblos y comunidades tienen derecho a disfrutar de los servicios ambientales, que les permita el buen vivir, siendo estos consumos reguladas por el estado.

Además, se basará en los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), específicamente el objetivo seis, referente al acceso público al agua limpia, que va acorde con los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2025. A continuación, se describe tanto los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU como los del Plan de Desarrollo del Ecuador, que hacen mención al uso y gestión del recurso hídrico:

Objetivos de desarrollo sostenible ONU

Objetivo 6.- Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible.

El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que queremos vivir. Hay suficiente agua dulce en el planeta para lograr este sueño.

Plan nacional de desarrollo 2017 – 2025

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo, se menciona tres ejes importantes para el desarrollo, los cuales integran varios objetivos para lograr este objetivo:

Eje 1: Derechos para todos durante toda una vida.

- **Objetivo 1:** Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas.
- **Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.
- Intervenciones emblemáticas para el Eje 1

Eje 2: Economía al Servicio de la Sociedad

- **Objetivo 5:** Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.
- **Objetivo 6:** Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir rural
- Intervenciones emblemáticas para el Eje 2

Eje 3: Más sociedad, mejor Estado

- **Objetivo 7:** Incentivar una sociedad participativa, con un Estado cercano al servicio de la ciudadanía
- **Objetivo 8:** Promover la transparencia y la corresponsabilidad para una nueva ética social
- **Objetivo 9:** Garantizar la soberanía y la paz, y posicionar estratégicamente el país en la región y el mundo
- Intervenciones emblemáticas para el Eje 3

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

- 3.1 Descripción de la zona de estudio

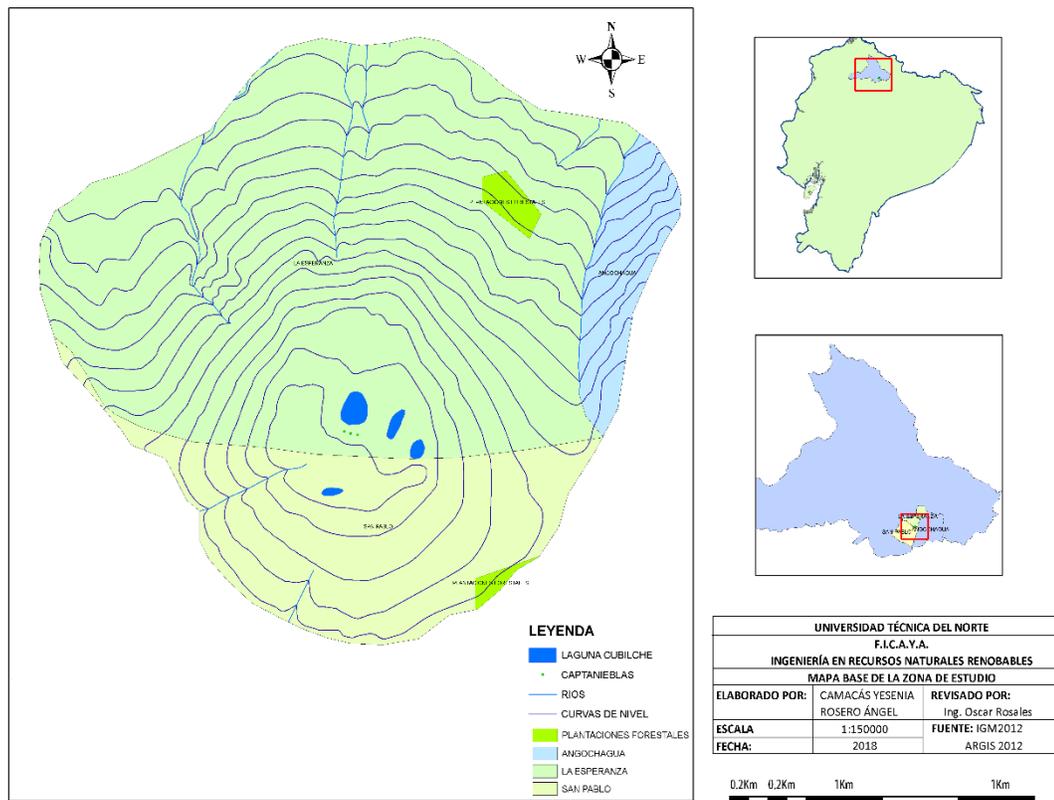


Figura 2. Mapa base de la zona del Cubilche.

La presente investigación se realizó en la zona El Cubilche, que se ubica en el páramo húmedo de la comunidad de Paniquirra, perteneciente a la parroquia La Esperanza, cantón Ibarra.

Según las actas de límites geográficos del Ilustre Municipio de la ciudad San Miguel de Ibarra, la zona de estudio pertenece al cantón Ibarra, provincia de Imbabura, sus límites son:

- Al norte: Ciudad San Miguel de Ibarra.

- Al sur: Parroquia Olmedo y el cantón Cayambe de la provincia de Pichincha.
- Al este: Parroquia San Pablo del Lago y el Cantón Otavalo.
- Al oeste: Parroquia Mariano Acosta y Cantón Pimampiro.

Es una meseta que se eleva desde los 3.200 mnsnm hasta los 3.840 msnm, y posee una temperatura media de 9°C, en su parte más alta alberga dos lagunas permanentes y dos charcas estacionales (Figura 2), la más grande es una laguna perenne que varía su nivel de agua de acuerdo con el ciclo estacional (seco y húmedo) y se ubica en un cráter que cuenta con un diámetro de 30 metros, los tres sistemas lacustres restantes son lagunas estacionales que tienden a disminuir su nivel de agua e incluso llegan a secarse cuando llega la época de estiaje, que es entre los meses de julio y septiembre donde las temperaturas alcanzan los 26°C en horas del mediodía donde la incidencia de los rayos del sol son más fuertes (Infocentro La Esperanza, 2014).

Línea base

El Cubilche es un sitio atractivo por sus paisajes propios de páramos andinos, donde la flora y fauna conviven con las costumbres de los habitantes de las comunidades cercanas, además de foráneos que visitan este lugar por turismo, lo que insta a la población a tomar medidas de conservación y protección, al ser un ecosistema productor de agua altamente vulnerable por actividades antrópicas.

La cobertura vegetal, la cual se define según Castañeda y Mendoza (2014), como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, la cual comprende una amplia gama de biomasa con diferentes características fisionómicas y ambientales, que van desde vegetación herbácea y pastizales hasta vegetación arbustiva de bosques naturales y áreas de cultivo; la flora de la zona del Cubilche cuenta con vegetación propia de páramo, siendo la paja (*Panicum prionitis*) la de mayor cobertura vegetal en conjunto con otras asteráceas y gramíneas que brindan el colchón de reserva acuífera para esta meseta, sin embargo, hacia la parte baja se observa un alto grado de

deforestación en cuanto al bosque siempre verde montano, el cual ha sido remplazado mayormente por cultivos de pino (*Pinnus patula* y *Pinnus radiata*), para el aprovechamiento de su madera por las comunidades aledañas (Figura 3).

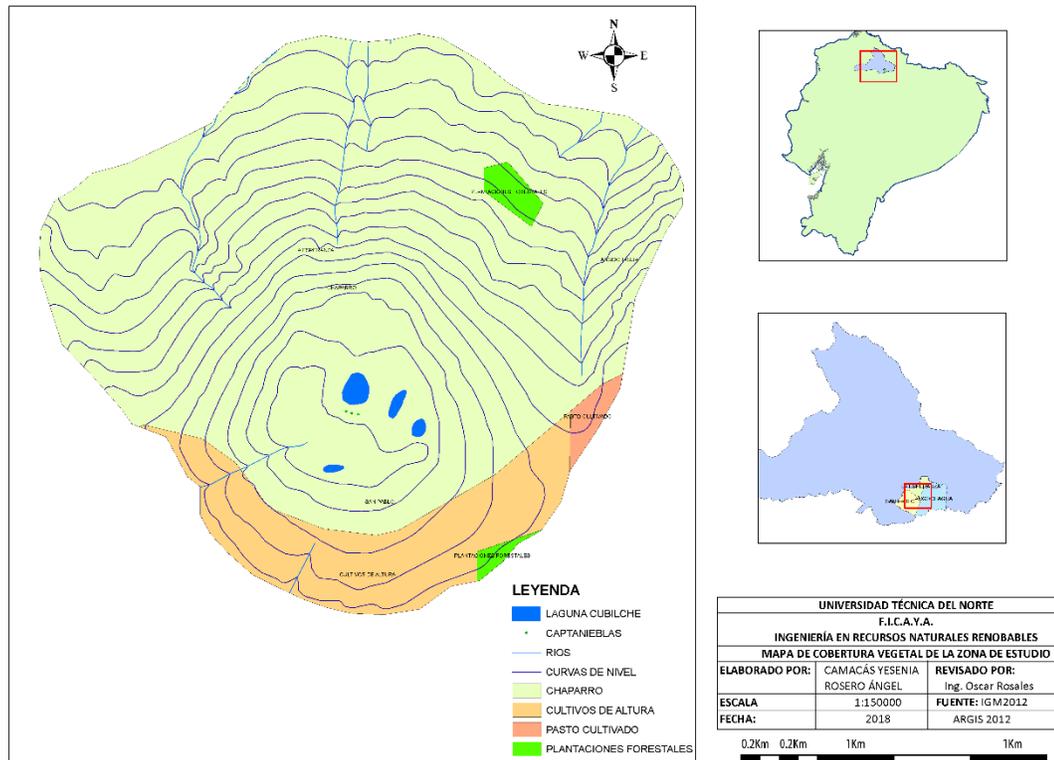


Figura 3. Mapa de cobertura vegetal de la zona del Cubilche.

En cuanto a la orografía, las montañas vienen a ser obstáculos naturales que inciden en gran medida en la movilidad del viento; estas barreras permiten que los vientos choquen con su superficie y le proporcionen humedad, mientras que la corriente puede ascender o desviarse de acuerdo con la inclinación del choque o del terreno, lo que permite la manifestación de diversidad de flora y por ende de fauna (Castañeda y Mendoza 2014).

La meseta del Cubilche posee una forma circular y un relieve irregular por su origen volcánico, llegando a superar los 3.800 msnm de altitud en la parte más alta, donde se encuentran los cuatros sistemas lacustres (Figura 4), este lugar es considerado como

un mirador de donde se puede observar diferentes poblaciones como San Pablo, Otavalo e Ibarra, además de elevaciones como el Imbabura, el Fuya Fuya y la cordillera de Angochagua (Barragán, 2013).

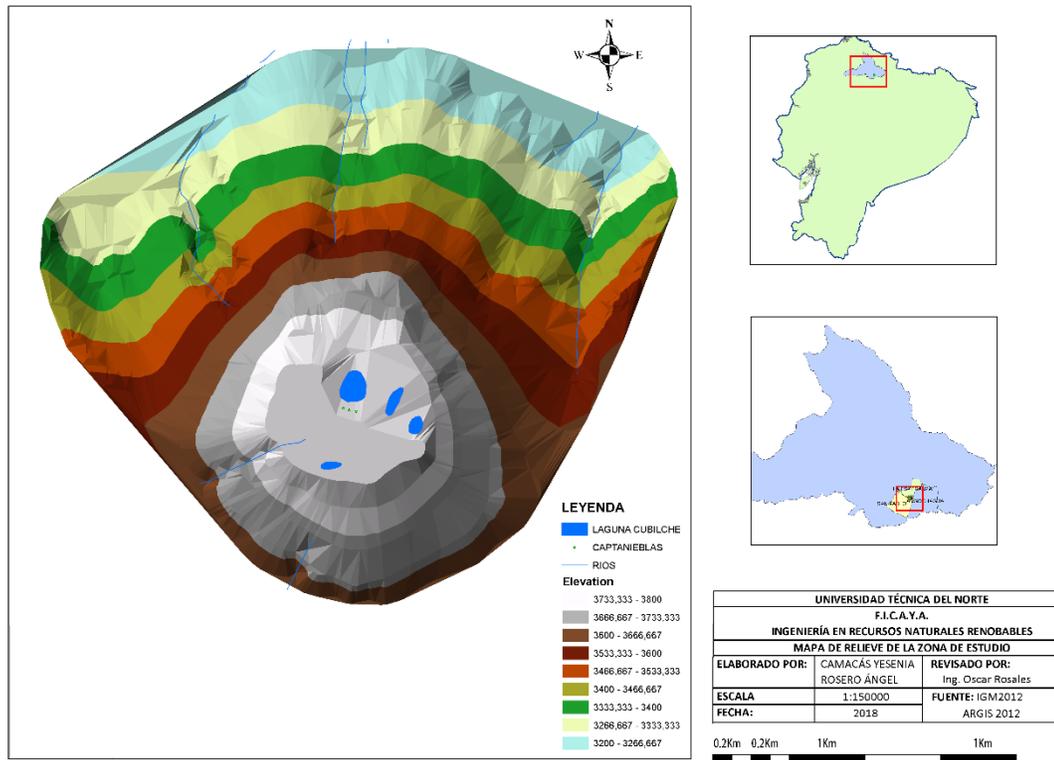


Figura 4. Mapa de relieve de la zona del Cubilche.

Demografía

El Cubilche pertenece a la parroquia de la Esperanza, esta parroquia está conformada por cuatro barrios y doce comunidades que viven en un entorno intercultural, en donde conviven familias indígenas y mestizas, las cuales hablan el idioma castellano y el quechua, conservando sus costumbres, tradiciones y leyendas; sus principales actividades son la agricultura y la ganadería, además de bordados y trabajos en cuero que se comercializan dentro y fuera del territorio nacional. (Infocentro La Esperanza, 2014).

- 3.2. Materiales y equipos

Para la presente investigación se contó con diferentes materiales de campo y de oficina, así como equipos (Anexo 1) que se describen en la siguiente tabla, mismos que fueron financiados en su totalidad por los investigadores.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación.

Campo	Materiales para el prototipo captanieblas	Oficina
Higrómetro	Amarraderas plásticas	Libreta de campo
GPS	Baldes (5 litros)	Computador
Botas de caucho	Clavos (2 pulgadas)	Impresora y copiadora
Cámara fotográfica	Estacas metálicas (2,5 m x (5x5cm ancho)	Datos de estaciones meteorológicas.
Libreta de Campo	Embudos	Software ArcGis 10.3
	Guantes de cuero	
	Malla Raschel	
	Mangueras plásticas (3 metros x 2 pulgadas)	
	Tensores de alambre de acero	
	Ojos de buey	

- 3.3 Método

El presente estudio se dividió en tres fases o etapas de investigación, las cuales permitieron alcanzar los objetivos planteados, estas contemplaron un estudio integral que contribuyeron al diseño y modificaciones de los modelos captanieblas que fueron implementados en la zona de estudio.

Estas etapas comprendieron: a) el análisis de la información, b) el diseño e implementación de los captanieblas y prototipo, y c) el estudio de factibilidad y selección del sistema óptimo detallados en la Figura 5.

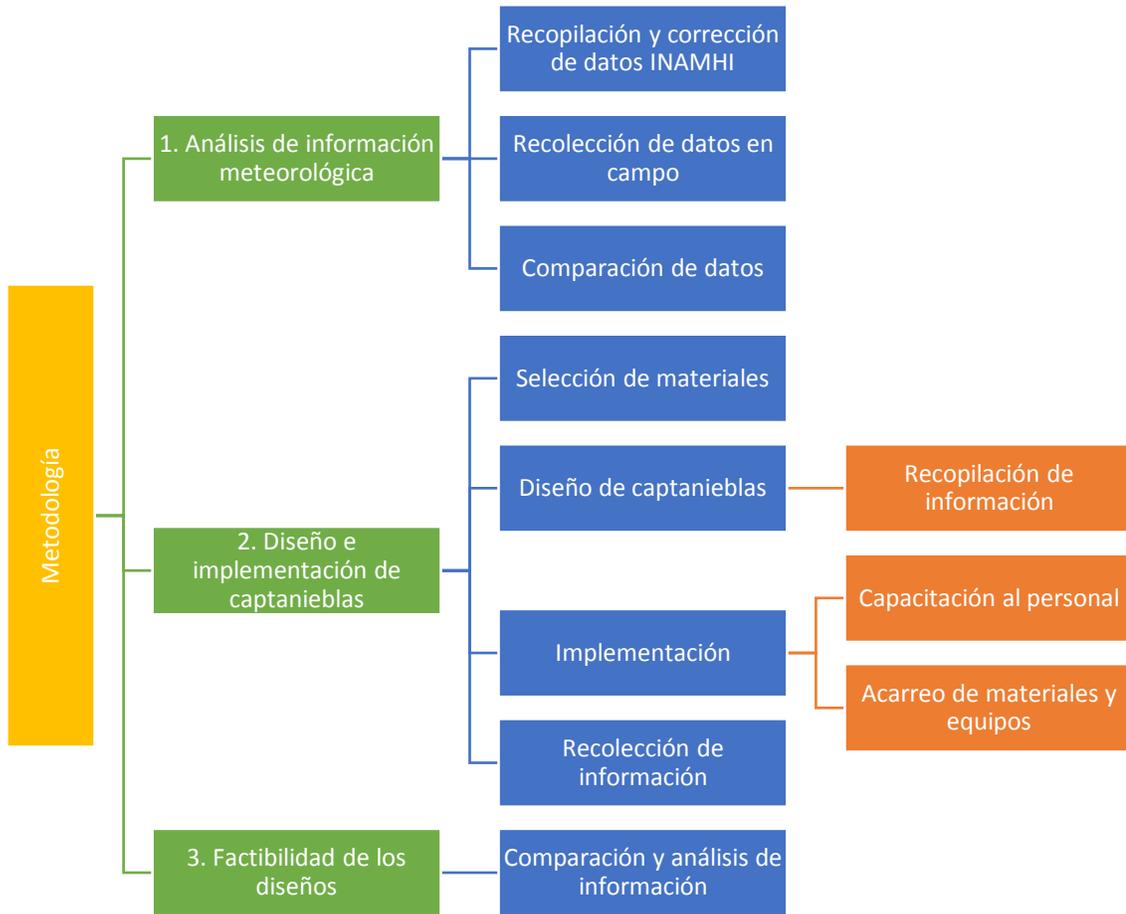


Figura 5. Organigrama de la metodología implementada en la investigación.

Con el objeto de contrastar el diseño propuesto frente a dos prototipos tradicionales, se buscó obtener datos reales de la zona de estudio y de los prototipos, tales como: condiciones climáticas y valores de captación de cada prototipo en dichas condiciones, los cuales puedan ser proyectados a otras áreas con condiciones climáticas similares.

3.3.1. Primera fase: Análisis de la información

Como primera etapa o fase de la investigación se tiene el análisis de la información de la zona de estudio, para lo cual se realizó una recopilación de información documentada referente a condiciones climatológicas de la zona e información general del área de estudio (Anexo 2) para posteriormente efectuar una comparación con los datos obtenidos en las salidas de campo.

Para el análisis de la información meteorológica, se tomaron 15 años de registro de los datos de las tres estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio: San Pablo M0110, Olmedo M0023 y Yuyucocha-UTN M1240, propiedad del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Figura 6).

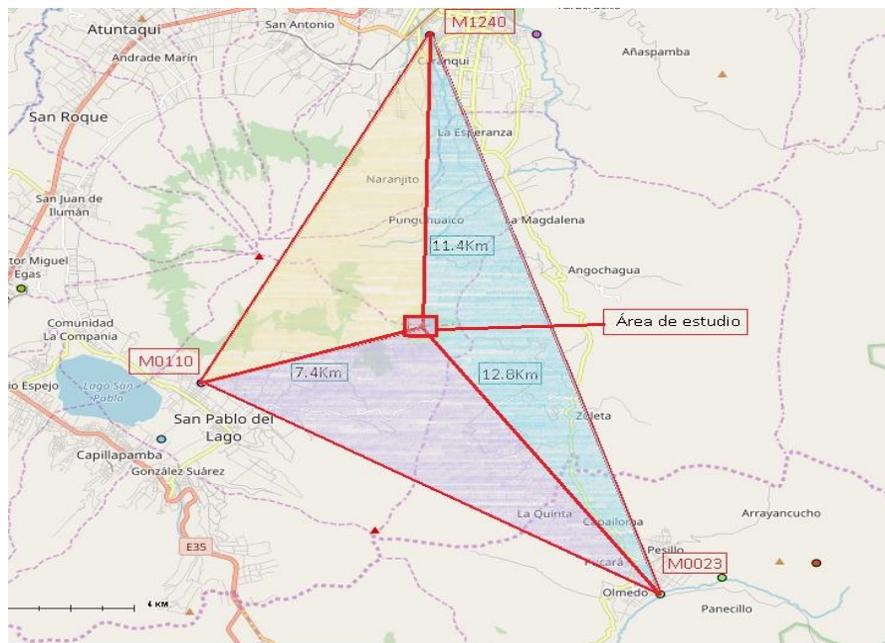


Figura 6. Localización de las tres estaciones meteorológicas más cercanas a la zona.

- Método de correlación múltiple (CORMUL)

Los datos meteorológicos arrojados por las tres estaciones más cercanas (M0110, M0023 y M1240) presentaron lagunas en sus series (Figura 7), que corresponde al 10,34% del total de información las mismas que fueron sujetas al modelo de correlación

múltiple (CORMUL), el cual permite completar la información faltante en una base de datos en función de los valores más próximos, utilizando los datos de series con mayor correlación entre sí (Barrera, 2004).

	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
5657	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	5	89	76	74	
5658	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	6	77	80	80	
5659	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	7	66	75	81	
5660	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	8	79	91	80	
5661	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	9	81	80	76	
5662	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	10	81	79	84	
5663	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	11	84	89	88	
5664	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1982	12	82	83	87	
5665	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	1	89	86	88	
5666	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	2	92	85	84	
5667	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	3	77	81	87	
5668	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	4	83	86	81	
5669	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	5	93	93	95	
5670	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	6	85	90	91	
5671	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	7	92	85	91	
5672	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	8	87	76	79	
5673	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	9	81	76	79	
5674	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	10	80	79	75	
5675	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	11	94	94	93	
5676	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1983	12	87	84	89	
5677	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	1	85	90	88	
5678	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	2	89	91	87	
5679	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	3	91	93	93	
5680	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	4	88	85	91	
5681	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	5	93	82	88	
5682	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	6	94	92	94	
5683	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	7	97	96	92	
5684	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	8	96	96	94	
5685	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	9		95		
5686	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	10				
5687	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	11				
5688	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1984	12				98
5689	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1985	1	96	96	93	
5690	M0110	SAN PABLO DEL LAC CO		-781140	1252	2700 M0110		1985	2	96	97	98	

Figura 7. Datos faltantes en la base de datos de una estación meteorológica.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2015).

Para completar los datos faltantes se usó el programa denominado CHAC (Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas) el mismo que trabaja con el modelo CORMUL, siendo un software de licencia libre, el cual fue creado para facilitar el manejo de datos hidrometeorológicos y el procesamiento de estos, fue desarrollado por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento de España (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2013).

El programa CHAC requiere un formato particular para el ingreso de datos (Figura 8) que le permiten establecer un fichero de procesamiento de estos denominado LEMA.

COLUMNAS	DATO	FORMATO
1-8	Coordenada X-UTM	Entero
9	Espacio en blanco	
10-17	Coordenada Y-UTM	Entero
18	Espacio en blanco	
19-25	Código de la Estación	Texto
26	Espacio en blanco	
27-29	Tipo de Dato (Ver tabla adjunta)	Texto
30	Espacio en blanco	
31-34	Año (4 dígitos)	Entero
35	Guión (-)	
36-37	Año +1 (2 dígitos)	Entero
38-45	Dato del primer mes del año hidrológico (octubre en el caso de España)	Real
46-53	Dato del segundo mes	Real
70-77	Dato del quinto mes	Real
78-85	Dato del sexto mes	Real
86-93	Dato del séptimo mes	Real
94-101	Dato del octavo mes	Real
102-109	Dato del noveno mes	Real
110-117	Dato del décimo mes	Real
118-125	Dato del undécimo mes	Real
126-133	Dato del duodécimo mes	Real
134-141	Dato Anual	Real

Figura 8. Formato LEMA de la base de datos HIDRO del CEDEX

Fuente: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (2013).

Al usar el formato requerido para crear la base de datos (Figura 9) se utilizó el LEMA como fichero del programa CHAC, en el que se muestra los datos faltantes con el valor de -100 para ser interpretados por el programa como la ausencia de datos.

NOTAS: La primera fila (cabeceras) no se graba en el fichero lema
Se puede copiar de EXCEL, ACCESS y ficheros de texto con tabuladores como separador de campos

Pegar desde el portapapeles Grabar fichero LEMA Salir

XUTM	YUTM	Índice	Tipo	Año	diciembre	enero	febrero	marzo	abril
-780252	3120	23	HMD	2008	85	75	80	-100	87
-780252	3120	23	HMD	2008	75	76	78	80	85
-780252	3120	23	HMD	2009	82	75	85	82	82
-780252	3120	23	HMD	2009	84	82	78	75	89
-780252	3120	23	HMD	2009	82	79	74	82	80
-780252	3120	23	HMD	2009	78	77	76	89	84
-780252	3120	23	HMD	2009	76	81	75	83	85
-780252	3120	23	HMD	2010	76	89	76	83	80
-780252	3120	23	HMD	2010	72	-100	76	87	79
-780252	3120	23	HMD			81	77	86	81
-780252	3120	23	HMD			60	77	82	83
-780252	3120	23	HMD			77	77	83	83
-780252	3120	23	HMD			82	69	88	79
-780252	3120	23	HMD	2011	74	90	-100	91	-100
-780252	3120	23	HMD	2011	97	96	-100	-100	-100
-780252	3120	23	HMD	2011	96	96	96	-100	-100
-780252	3120	23	HMD	2011	92	94	-100	-100	-100
-780252	3120	23	HMD	2012	-100	-100	-100	-100	-100
-780252	3120	23	HMD	2012	94	97	97	-100	-100

Figura 9. Datos faltantes identificados con -100 con el formato LEMA.

Fuente: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (2013).

Con ayuda de los ficheros el programa genera gráficos para la serie de datos comprendidos en el periodo 1999 - 2015 (Figura 10). Estos gráficos identifican los datos faltantes, así como los valores atípicos o picos que se encuentran muy por encima de la media, que el programa los identifica como errores en el procesamiento de datos.

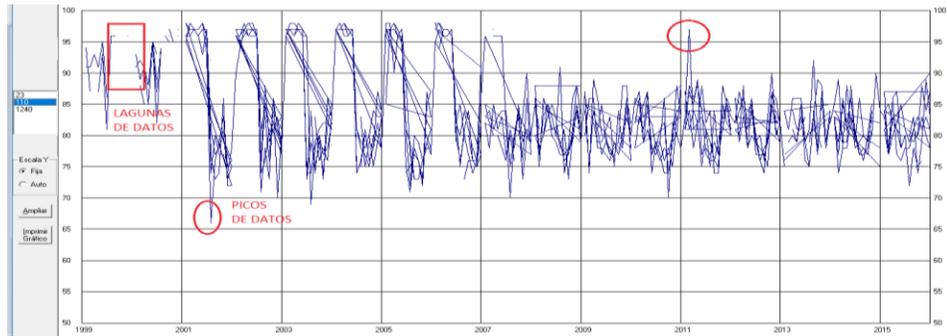


Figura 10. Gráfica de la humedad relativa de la estación Yuyucocha-UTN M1240

Fuente: CHAC, 2013, versión 5.06

El programa CHAC elimina los picos existentes y rellena los datos faltantes en las tres estaciones. Si bien es cierto que pueden existir valores atípicos que no necesariamente signifiquen datos erróneos, estos pueden deberse a alguna condición meteorológica extrema, como el fenómeno del Niño o presencia de sequías, sin embargo, se decidió eliminar estos datos para mantener la homogeneidad en la serie de datos ya que un solo dato producto de condiciones meteorológicas externas no es una constante y por lo tanto no es significativo en el periodo de tiempo trabajado.

Completado los datos y eliminado los picos se pudo evidenciar claramente en las gráficas (Figura 11) la pérdida de espacios vacíos y la disminución de los picos evidenciados anteriormente.

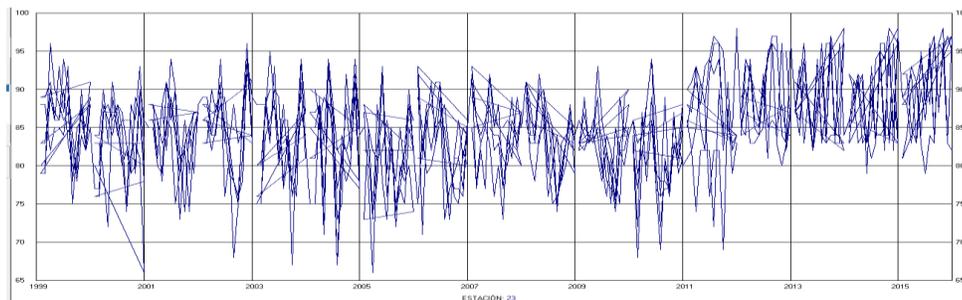


Figura 11. Gráfica corregida de la humedad relativa de la estación San Pablo M0110

Fuente: CHAC, 2013, versión 5.06

Finalmente se descargaron los datos de las tres estaciones de trabajo usadas en la presente propuesta en formato LEMA y se los transformó a formato Excel, señalando los valores de los picos corregidos y los espacios vacíos completados por el programa (Figura 12).

183	2002	82	73	78	81	79	78	76	78	77	80	77	81	78.33	12.00
184	2002	80	79	77	84	79	78	76	78	79	84	80	83	79.75	12.00
185	2002	71	79	80	84	79	76	82	79	79	82	79	82	79.33	12.00
186	2003	83	78	78	84	80	76	84	78	79	83	81	86	80.83	12.00
187	2003	79	85	81	80	80	80	81	80	79	78	83	80	80.08	12.00
188	2003	80	78	78	85	81	79	73	80	75	82	82	81	79.83	12.00
189	2003	77	87	79	82	88	88	72	75	67	81	80	86	80.50	12.00
190			85	80	82	85	85	67	72	67	80	83	81	78.92	12.00
191			81	78	80	84	83	80	74	85	80	86	72	80.42	12.00
192			83	79	78	84	80	79	69	87	80	77	70	78.75	12.00
193			84	80	75	83	80	84	69	81	71	79	70	77.83	12.00
194			80	90	84	86	74	71	73	82	74	83	79	79.58	12.00
195			88	84	87	81	71	76	73	80	79	79	77	79.58	12.00
196			83	80	78	82	79	79	77	83	82	79	79	79.50	12.00
197	2005	83	81	83	81	90	84	74	71	69	88	88	86	80.50	12.00
198	2005	75	76	78	90	75	78	73	73	73	83	83	83	77.92	12.00
199	2005	74	75	89	83	80	88	78	79	73	79	78	78	80.58	12.00
200	2005	80	87	89	81	85	85	80	72	75	83	83	83	82.17	12.00
201	2006	79	79	90	80	79	78	72	83	78	83	83	83	79.58	12.00
202	2006	79	82	90	90	78	70	79	80	80	80	80	80	81.08	12.00
203	2006	78	80	82	87	73	75	73	78	86	79	74	73	76.75	12.00
204	2006	84	84	79	78	76	80	77	76	66	81	87	76	78.67	12.00
205	2006	74	85	83	86	75	73	75	69	75	79	76	80	77.50	12.00
206	2007	76	83	85	88	77	89	73	73	77	81	78	78	79.83	12.00
207	2007	83	83	78	79	79	80	76	73	84	72	75	73	77.92	12.00
208	2007	80	83	86	87	87	72	80	74	77	79	80	72	79.75	12.00
209	2007	80	77	81	80	69	76	85	72	82	81	73	69	77.08	12.00
210	2007	81	79	80	73	85	76	88	78	85	83	75	77	80.00	12.00
211	2008	87	81	87	78	83	80	81	67	83	79	82	72	80.00	12.00

Figura 12. Valores modificados con LEMA de las tres estaciones meteorológicas.

Fuente: INAMHI (2015).

Luego de rellenar y corregir los datos faltantes y los valores picos en los registros de las estaciones meteorológicas, se procedió a la interpolación de los valores aplicables al área de estudio utilizando el método del inverso de la distancia (método IDW), para ello se determinó en primera instancia la ponderación aplicable para cada una de las estaciones en función del número de datos de cada estación y el número total de datos por medio de la siguiente ecuación (Ramírez, 2004).

Ecuación para el cálculo de ponderación

$$\beta_i = \frac{n_i}{N}$$

Fuente: Método de jerarquías analíticas de Saaty, Ramírez (2004).

Donde:

β_i = Coeficiente de ponderación de la estación i

n_i = Número de datos de la estación i

N = Número total de datos de todas las estaciones

Por medio de la anterior ecuación se obtuvieron los siguientes valores de ponderación (Tabla 2) aplicables a cada una de las estaciones.

Tabla 2. Ponderación de los datos de las estaciones meteorológicas de San Pablo M0110, Olmedo M0023 y Yuyucocha-UTN M1240

Datos	ESTACIÓN			
	M0023	M0110	M3120	TOTAL
Llenos	894	902	883	2679
En blanco	126	82	101	309
Total	1020	984	984	2988
Ponderación	0,34	0,33	0,33	1

Establecido los valores de ponderación de cada una de las estaciones se estableció los pesos de estas a usarse posteriormente en el cálculo de interpolación de los puntos finales por medio de la siguiente relación (Andrade, 2005):

Cálculo del peso para las estaciones meteorológicas

$$\lambda_i = \frac{\frac{1}{d_{ij}^\beta}}{\sum_{i=0}^n \frac{1}{d_{ij}^\beta}}$$

Fuente: Sistemas de información para la interpolación de datos de temperatura y de precipitación del Ecuador. Escuela Politécnica Nacional (Andrade, 2005).

Donde:

λ_i = Peso de la estación

β = Coeficiente de ponderación

d_{ij} = Distancia geométrica entre la estación y el punto a interpolar

Por medio de la cual se estableció los siguientes valores de peso (Tabla 3) aplicables a cada de una de las estaciones.

$$\lambda_i = \frac{\frac{1}{12,8^{0,34}}}{\frac{1}{12,8^{0,34}} + \frac{1}{7,4^{0,33}} + \frac{1}{12,4^{0,33}}} = 0,30$$

$$\lambda_i = \frac{\frac{1}{7,4^{0,33}}}{\frac{1}{12,8^{0,34}} + \frac{1}{7,4^{0,33}} + \frac{1}{12,4^{0,33}}} = 0,38$$

$$\lambda_i = \frac{\frac{1}{12,4^{0,33}}}{\frac{1}{12,8^{0,34}} + \frac{1}{7,4^{0,33}} + \frac{1}{12,4^{0,33}}} = 0,31$$

Tabla 3. Pesos de las tres estaciones meteorológicas

ESTACIÓN	M0023	M0110	M3120
<i>dij</i>	12,8Km	7,4Km	12,4Km
B	0,34	0,33	0,33
λ_i	0,30	0,38	0,31

Finalmente, para establecer el cálculo de los valores interpolados aplicables al área de estudio, establecido los coeficientes de ponderación y los pesos de cada una de las estaciones se procede a usar la siguiente relación para obtener dichos valores (Andrade, 2005):

Ecuación para el cálculo de interpolación

$$Z^*(x) = \sum_{i=0}^n (\lambda_i \cdot Z(x)_i) \quad (4)$$

Fuente: Escuela Politécnica Nacional. Andrade, 2005.

Donde:

Z^* = Es el valor de la variable en el punto a interpolar por conocer

$Z(x)_i$ = Es el valor de la variable en el punto conocido (estación i)

λ_i = Peso de la estación

n = Número de estaciones usadas

Para establecer los valores interpolados se tomaron los valores medios mensuales (Tabla 4) de las estaciones meteorológicas utilizadas para el presente estudio, de los datos ya completados por medio del método de CORMUL.

Tabla 4. Valores medios $Z(x)_i$ de la humedad relativa de las tres estaciones, aplicados el método CORMUL

Meses	λ_i	junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
M0023	0,30	85,30	84,32	85,70	85,14	87,35	85,50
M0110	0,38	88,27	87,40	88,56	87,84	88,12	82,34
M3120	0,31	79,36	81,91	80,48	81,54	80,07	77,64
Meses	λ_i	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo
M0023	0,30	85,64	84,65	85,75	85,27	87,52	85,21
M0110	0,38	87,73	86,98	88,26	87,45	87,40	81,88
M3120	0,31	79,20	81,87	80,28	81,55	80,01	77,66

A continuación, se muestra un ejemplo del cálculo realizado con cada uno de los meses del año para establecer los valores interpolados para la variable de humedad relativa:

$$Z^*(x) = \sum_{i=0}^n (\lambda_i \cdot Z(x)_i) \quad (4)$$

$$Z^*(x) = (85,30 \times 0,30) + (88,27 \times 0,38) + (79,36 \times 0,31)$$

$$Z^*(x) = 25,59 + 33,54 + 26,60$$

$$Z^*(x) = 83,73$$

Realizado los cálculos necesarios se estableció los valores finales interpolados utilizando el método del inverso de la distancia para la variable de humedad relativa (Tabla 5) aplicables al área de estudio.

Tabla 5. Valores interpolados para la zona del Cubilche.

Meses	Junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre
Valor interpolado	83,73	83,90	84,31	84,20	84,51	81,01
Meses	Diciembre	Enero	febrero	marzo	abril	mayo
Valor interpolado	83,58	83,01	83,35	83,28	83,47	79,98

3.3.2 Segunda fase: Diseño e implementación de los captanieblas.

El diseño de los captanieblas puede variar de acorde a la función y el lugar donde van a colocarse, sin embargo, el captanieblas de pantalla (Figura 13) es la más utilizada actualmente debido a su bajo costo y fácil manipulación, la mayoría de captanieblas consta de los siguientes elementos:



Figura 13. Captanieblas de pantalla.

- Soportes estructurales: Los soportes prestan sostén al resto de materiales, pueden colocarse dos o más estructuras dependiendo de la extensión y las unidades de captaniblas, generalmente tienen una altura de 6 metros de alto; el material puede ser variado, desde madera y bambú hasta pilares de metal y concreto volviéndose un material versátil y de fácil modificación (Poveda y Sanabria, 2017).
- Cables tensores: Son cables generalmente de acero o alambre torcido y tienen como función sujetar y reducir el impacto del viento hacia los soportes estructurales (Poveda y Sanabria, 2017).
- Barras de anclaje: Son barras o estacas de acero en donde se sujetan los cables tensores (Figura 14), van enterradas en el suelo permitiendo que la estructura quede firme, la profundidad dependerá del tamaño de la estructura y de las condiciones ambientales a la cual esté sometida.

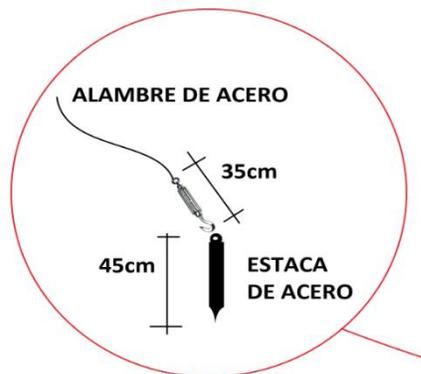


Figura 14. Alambre y estacas de acero.

- Malla: La malla está compuesta de polietileno de alta densidad en tejido Raschel romboidal (no se deshilacha) y contiene aditivos que le brindan resistencia a la radiación solar; es liviana, flexible y fácil de instalar, donde las microgotas van a condensarse, pudiendo encontrar en el mercado desde 30% hasta el 95% de tramado (LITEC, 2017).

Castañeda y Mendoza (2014) mencionan que, las características de la malla a usarse dependerán de las condiciones meteorológicas de la zona, y deberá cumplir ciertas condiciones para que cumpla con eficiencia su propósito o fin:

- ✓ Ser un material resistente.
- ✓ Permitir el paso de la luz y la circulación de la neblina fácilmente.
- ✓ Permitir la condensación de agua sobre la malla.
- ✓ No alterar las condiciones físico – químicas del agua.
- ✓ Facilitar el escurrimiento.

La malla utilizada en la presente investigación cumple con las condiciones mencionadas anteriormente, con características de sombra del 40% y un tramado del 65%, con una garantía de durabilidad de tres años en condiciones normales y un gramaje de 69 g/m² (LITEC, 2017), permitiendo que el zarán resista las condiciones de la zona de Cubilche que posee una velocidad de viento de 2,54 m/s (moderada).

- **Canaleta:** Cumple la función de recolectar el agua obtenida por la malla, el material de fabricación puede variar.
- **Almacén:** El almacenamiento del agua dependerá del destino de esta, pudiendo ir oculta en el suelo o en la superficie; pero siendo protegida de la radiación, a fin de evitar la evaporación.

En la fase de diseño de los tres captanieblas se trabajó con dos diseños de captanieblas tradicionales, modificando sus dimensiones para adaptarlos a la zona de estudio y mejorar la recolección de agua atmosférica y un diseño original, propuesto por los investigadores, en función del análisis de varios estudios e investigaciones realizados alrededor del mundo, destacando los realizados en las Islas Canarias (España), el desierto de Atacama (Chile), y en México, mencionados en el capítulo I del presente documento, y reportes de *FogQuest*¹, la UNESCO y diversas ONG, además de bosquejos preliminares de los posibles captanieblas a utilizarse (Anexo 3), partiendo de los captanieblas modelos y posteriormente modificarlos para adaptarlos a la zona de estudio. El captaniebla de pantalla es uno de los más antiguos y los que mayor éxito a

¹ ONG dedicada a proyectos de captación y producción de agua niebla para América del Sur y África.
<http://www.fogquest.org>

tenido debido a su bajo costo y buen rendimiento en la mayoría de las zonas donde se lo ha utilizado, en América Latina se encontraron vestigios de diferentes mallas a lo largo de lagos y lagunas (Figura 15) que se presumen (además de la pesca) eran utilizados para la recolección del rocío producto de la evaporación del sistema lacustre por acción del sol (Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, México, DF, 2018).



Figura 15. Mallas utilizadas para diferentes actividades - Códice Azcatitlan, México.

Fuente: Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, México, DF, (2018).

Los captanieblas de forma prismática (Figura 16), han ido ganando espacio en la industria de cosecha de agua en zonas donde la presencia de neblina no se ve obstaculizada por elevaciones naturales o artificiales, lo que permite una mayor captación en área de agua niebla y estos sistemas resulten idóneos (Arnau, 2012).



Figura 16. Captadores NRP 3.0

Fuente: Yorokubo, (2012).

Finalmente, para la propuesta de la presente investigación se tomó en cuenta los antecedentes de recolección de agua primitiva, resaltando la cultura Canaria con los aborígenes adorando al árbol sagrado garaoé (posiblemente un ejemplar de *Ocotea foetens*), del cual cosechaban el agua que escurría de sus ramas y tronco, fruto de su gran altura en donde alberga una densa neblina en su copa (Figura17) (Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2017).



Figura 17. Árbol Garaoé.

Fuente: Bory de Saint-Vincent, (1800).

Finalmente se digitalizó los diseños con ayuda de programas de diseño asistido por computadora, que permite presentar planos de diseño en dos dimensiones y modelado en tres dimensiones, dando como resultado tres diseños: a) pantalla bidimensional (Figura 30), b) captanieblas de prisma rectangular (Figura 31), y c) “Árbol”, que corresponde al prototipo propuesto en la presente investigación (Figura 32).

- Implementación.

Para la implementación de los sistemas captanieblas se coordinó con el GAD Parroquial de Angochagua para efectuar una capacitación al personal que colaboró en el transporte, construcción y preservación de los captanieblas (Figura 18), además se les instruyó en funcionamiento y utilidad de los captanieblas, así como en el uso y

función de los instrumentos empleados para este fin, como el higrómetro (instrumento que se utilizó para recolectar datos meteorológicos).



Figura 18. Capacitación a personal del GAD Parroquial de Angochagua.

La construcción (Anexo 4 y 5) se llevó a cabo en las laderas de la laguna mayor en la zona del Cubilche (Figura 19), cabe mencionar que el difícil acceso a la zona de investigación tanto por transporte y condiciones climáticas, incrementó el tiempo de instalación en el acarreo de materiales que fue complicado, además se tomó en cuenta para la construcción algunos factores como: intensidad, presencia y flujo de neblina por acción del viento, lo que permitió que esta se movilice en una sola dirección ascendente, y que los sistemas captaran mayor cantidad en el área elegida; factores físicos como: relieve, el cual muestra una inclinación regular hacia la parte sur de la meseta del Cubilche.



Figura 19. Captanieblas implementados en la Laguna de Cubilche.

Para corroborar los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas, se recolectó información de la temperatura y humedad relativa *in situ*, mediante el uso de un higrómetro Pro'sKit NT-312 (Figura 20), el cual es capaz de medir el contenido de humedad en la atmósfera y la temperatura ambiente a través de las propiedades de algunos materiales a dilatarse o contraerse según cuál sea el grado de humedad, como la crin de caballo o la tripa (Pro'sKit NT-312, 2013). Este registro de datos se realizó por un periodo de cinco meses comprendidos entre febrero y junio, dos días a la semana, y tomando datos cada 3 horas al día, es decir, se tomaron datos 8 veces al día completando las 24 horas.

Luego de su instalación, se procedió con la etapa de recolección de datos *in situ* referentes a cantidad de agua recolectada por los sistemas en una hoja de registro (Anexo 6 y 7), que fueron recabados durante la madrugada y parte de la noche en el lapso de tres meses, tiempo base para recolectar información.



Figura 20. Higrómetro utilizado para recolectar datos.

3.3.3. Tercera fase: Factibilidad

En la cuarta fase de investigación, se realizó una comparación y análisis de resultados registrados en los instrumentos de medición (cantidad de agua niebla captada), y se realizó el análisis de factibilidad contemplando tres aspectos: a) factibilidad económica, b) impacto paisajístico y c) rendimiento de los sistemas captanieblas, que

permiten establecer una perspectiva de cada uno de los prototipos (costos de cada prototipo en dólares, impacto paisajístico y captación diaria en l/día), mismos que establecen la viabilidad de cada uno de los prototipos, dichos valores presentan unidades o escalas distintas propias de su naturaleza (Tabla 6), así como el tipo de variables de acuerdo con cada caso.

Tabla 6. Variables de factibilidad

Variables	Medida	Tipo de variable
Costos	Dólares	Inversamente proporcional
Impacto paisajístico	De 0 a 30	Inversamente proporcional
Rendimiento	Litros por día	Directamente proporcional

- Variables directamente proporcionales

Se establecen como variables directamente proporcionales aquellas que el aumento de su medida provoca el mismo efecto interpretable dentro de su análisis (Mason, Lind, Marchal y Lozano, 1998). Dichas variables actúan en una relación directa de incremento o disminución de sus valores de acuerdo con el coeficiente de proporcionalidad (Medina, Vargas, Navarro, Canul y Peraza, 2010).

Para el análisis de factibilidad de este estudio se considera como variable directa el rendimiento del sistema. A mayor capacidad de agua niebla recolectada, más idóneo es el sistema captaniebla.

- Variables inversamente proporcionales

Se considera a una variable inversamente proporcional cuando el aumento de su medida provoca la disminución de su valor interpretable de forma análoga (Montgomery, Runger y Medal, 1996), es decir el descenso en una provoca el incremento de la otra (Figura 21) dentro de su análisis (González, 1967).

En el análisis de factibilidad las variables inversas son el impacto paisajístico y el costo económico de construcción del captanieblas. A mayor puntaje obtenido en impacto paisajístico y a mayor costo económico, menos favorable es el sistema captaniebla (González, 1967).

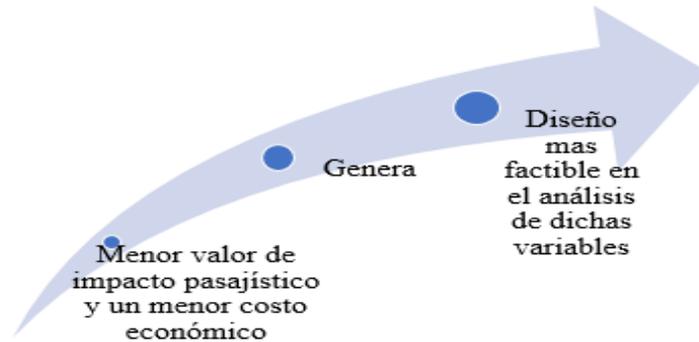


Figura 21. Interpretación de las variables inversamente proporcionales

Fuente: González, (1967).

- Puntuación de cada variable

Las variables sujetas al análisis de factibilidad de los prototipos presentan unidades o escalas distintas, mismas que siendo directa o inversamente proporcionales serán puntuadas por medio de las siguientes fórmulas (Tabla 7), que cumplen con el modelo estadístico de modelación estadística de variables (Riascos, 2005):

Tabla 7. Fórmulas para la puntuación de las variables

Tipo de variable	Ecuación	Fórmula
	Cálculo de la puntuación inversa de la variable	$P = \frac{X_{min}.33,33}{X_i}$
Directa	Cálculo de la puntuación directa de la variable	$P = \frac{X_i.33,33}{X_{max}}$

Modificado de: Modelización estadística de variables cualitativas, Riascos, (2005).

Donde:

P = Puntuación de cada variable (medida de 0 a 33,33 puntos)

Xmin = El valor mínimo de la variable

Xmax = El valor máximo de la variable

Xi = Variable a interpretar

- Factibilidad económica

En la factibilidad económica se realiza el desglose de costos de los materiales a utilizar en cada captanieblas y posteriormente una comparación de los costos totales, lo que permite identificar si la inversión en los captanieblas justifica una ganancia en cuanto a rendimiento.

- Impacto paisajístico

Para evaluar el impacto paisajístico de los sistemas captanieblas instalados se procedió a realizar encuestas a turistas que acuden al sector (Anexo 8 y 9). Para establecer el número de encuestas representativas, se consideró una muestra del total de la población, usando la siguiente fórmula:

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{p \cdot q \cdot N}{\frac{(N-1) \cdot e^2}{k^2} + p \cdot q}$$

Donde:

N = Es el tamaño de la población (número total de posibles encuestados)

Tomando en cuenta que la zona de Cubilche es de difícil acceso y que los meses con mayor presencia de turistas va desde junio a septiembre (Infocentro La Esperanza, 2018) sin embargo, la presente investigación se realizó desde el mes de febrero hasta junio con poca afluencia de personas, por tal razón se tomó como referencia el número de personas que concurrían en dicho periodo, siendo un estimado de 52 personas como tamaño de la población.

K = Es la constante que depende el nivel de confianza, en este caso es de 95,5%

e = Es el error muestral 5%

p = Es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q = Es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n = Es tamaño de la muestra (número de personas a quienes vamos a realizar la encuesta)

Reemplazando tenemos:

$$n = \frac{0,5 \times 0,5 \times 52}{\frac{(32-1) \times 0,05^2}{2^2} + 0,5 \times 0,5}$$

$$n = \frac{13}{0,03875 + 0,25}$$

$$\frac{13}{0,28875}$$

n = 45,021 → 45 tamaño de la muestra

La encuesta se aplicó a 45 personas, teniendo en cuenta a habitantes de la zona y turistas que ascienden a la zona de Cubilche.

Dentro de la encuesta se estableció una escala de puntuación para cada variable que va desde el 0 al 5, siendo el valor 0 la ausencia de impacto visual y 5 el mayor impacto

visual. Se estableció el impacto paisajístico que genera cada uno de los prototipos en función de las siguientes variables esquematizadas en la Figura 22 (Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (S.E.A., 2013):

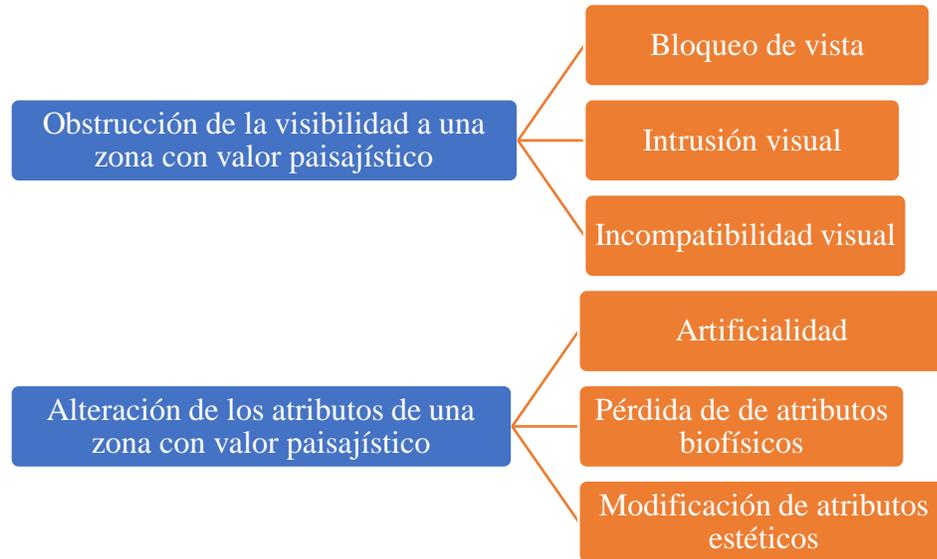


Figura 22. Variables para la evaluación del impacto paisajístico

Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (S.E.A.) (2013).

Con ayuda de las anteriores variables se cuantificó el impacto paisajístico, dando valores de 0 a 5 (Tabla 8) (Escuela de Arquitectura del Paisaje, 2011).

Tabla 8. Valores del impacto paisajístico aplicables a las variables

Valor	Descripción
0	Impacto nulo
1	Bajo
2	Medio Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

Fuente: Servicio de Evaluación Ambiental. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (2002).

- Rendimiento

El cuanto al rendimiento de los diseños instalados en la zona de estudio, se tomó en cuenta que cada captaniebla presenta diferentes niveles de captación en función del área de captación.

- Nivel de captación

Para establecer los niveles de captación generados por cada uno de los prototipos, se registró la cantidad de agua recolectada en los recipientes graduados en las horas en que presentaba neblina (madrugada), de acuerdo al cronograma de trabajo.

- Área de diseño.

Se consideró las dimensiones y materiales que se utilizaron para la construcción de cada uno de los captanieblas para determinar el área de cobertura que ocupa cada diseño.

- Área de captación

A diferencia del área de diseño que consiste en el sitio que ocupa el captanieblas en relación al espacio físico, el área de captación se enfoca a la superficie de condensación de las microgotas de neblina, en este caso las zonas de zarán que recolectaron agua dentro de los captanieblas.

- Relación entre el área de captación y el nivel de captación

Para establecer la captación por metro cuadrado de diseño se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$R_i = \frac{C}{A_c}$$

Donde:

Ri = Captación diaria por metro cuadrado (Rendimiento)

C = Volumen de agua captado diariamente (litros/día)

Ac = Área de captación (m²)

- Durabilidad

La vida útil de los sistemas captanieblas dependerá directamente de la selección y calidad de materiales que se destinen para el diseño y construcción de los mismos. Los materiales deben ser capaces de soportar la incidencia del viento y en general las inclemencias climáticas; además de ser eficientes en la captación de la mayor cantidad de humedad posible. Tomando en cuenta esto, y considerando que la zona de Cubilche es una zona con una moderada presencia de viento en las horas de neblina (2,5 m/s), se utilizó como material de construcción bamboo con soportes metálicos (cables tensores) que ayudan a soportar la carga de peso propio de la estructura de de viento. La malla Raschel o zarán utilizado es resistente y flexible a la vez lo que permite la condensación de las gotas de rocío suspendidas en el entorno y además permite la circulación de la neblina a través de su tejido romboidal, cabe destacar que la malla no altera las condiciones físico – químicas del agua en ella recolectada, sin embargo, el almacenaje y distribución de la misma deberá estar sujeta a medidas que procuren la calidad del recurso.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de información

La información proporcionada por el INAMHI (2015), sobre datos meteorológicos promedios (temperatura, humedad relativa, precipitación, y velocidad de viento) obtenidos de las tres estaciones cercanas a la zona de Cubilche, permitieron inferir en la meteorología de la zona de estudio. Como se muestra en la Figura 18, los valores de las diferentes variables meteorológicas extrapoladas a la zona de estudio, tendiendo una temperatura promedio anual (quince años de análisis) de 12,67°C, siendo junio el mes que registra las más bajas temperaturas con un valor de 10,62°C y una baja precipitación de 29,44 mm, permitiendo generar una humedad relativa por encima del 83%, condiciones que favorecen la presencia de neblina; sin embargo, cuando la temperatura sobrepasa los 12°C como en abril (12,94°C), y su precipitación también (77,38 mm), se pudo evidenciar una humedad relativa similar al mes de junio, en este caso abril presenta 83,47% de humedad.

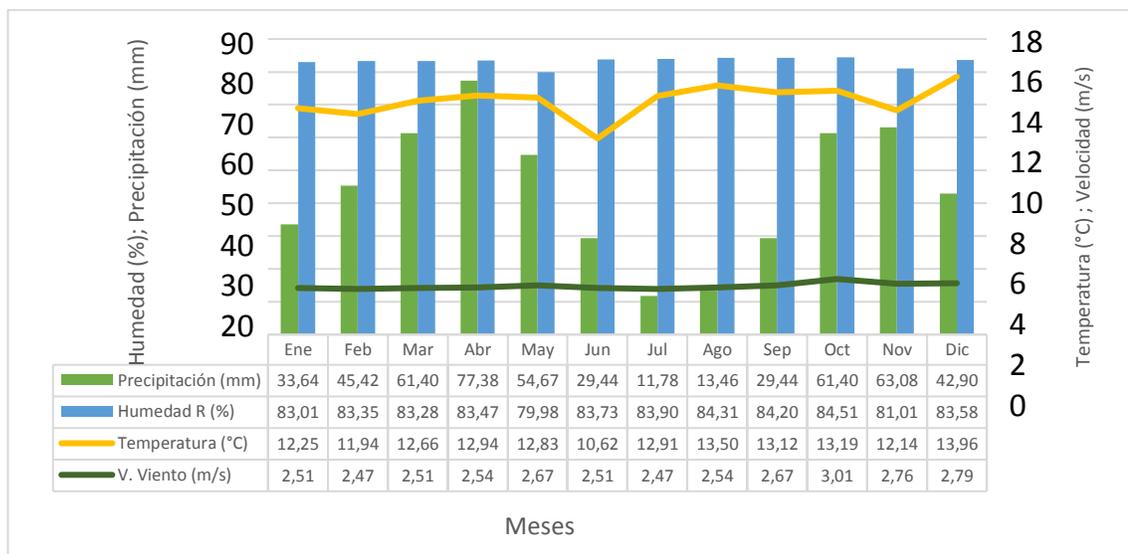


Figura 23. Comportamiento de las variables a lo largo de quince años

Modificado de: INAMHI (2015).

A continuación, se muestran los valores mensuales de los datos meteorológicos medidos en campo durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2018 (Figura 24), donde se visualiza que el mes de marzo presentó una menor temperatura (12,08°C) en relación a los otros meses de estudio, de ello se evidenció una precipitación de 66,2 mm por encima del promedio que se sitúa en 54,78mm, condiciones que permitieron obtener una humedad relativa mayor al 80%; cabe aclarar que en el mes de junio no se concluyó con la recolección de datos, debido a las inclemencias del tiempo y el difícil acceso a la zona de estudio, siendo los valores representados en la figura, tres de las cuatro semanas de dicho mes.

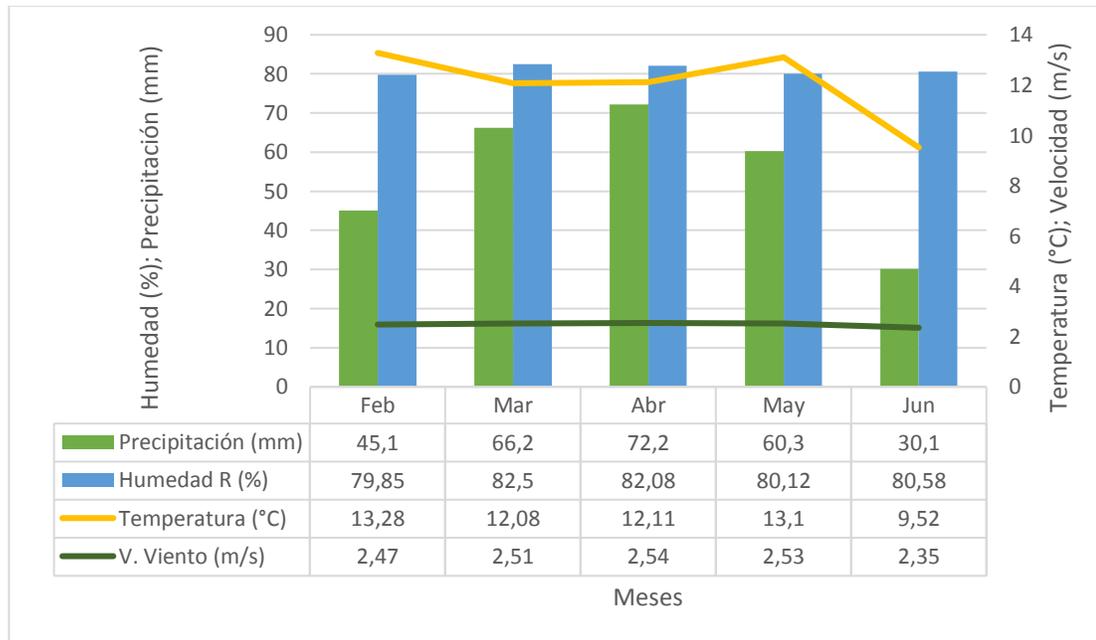


Figura 24. Comportamiento de las variables en los meses de la investigación

Modificado de: INAMHI

Posteriormente se realizó la comparación entre los valores extrapolados de las estaciones meteorológicas del INAMHI y los valores medidos en la zona de Cubilche, obteniendo los siguientes resultados:

- Temperatura

La temperatura promedio arrojada por el INAMHI (2015), en los meses de febrero a junio es de 12,20°C, en contraste con los valores recolectados en la presente investigación donde el promedio es de 12,01°C, teniendo una diferencia de apenas 0,19°C.

En cuanto al mes más cálido, según el INAMHI (2015) abril tuvo un promedio de 12,94°C y junio resultó ser el mes más frío con 10,62°C; en contraste con los datos recolectados en campo, donde febrero es el mes más cálido con 13,28°C y junio el más frío con una temperatura promedio de 9,52°C, siendo este último similar a los valores arrojados por el Instituto, tal como se muestra en la Figura 25.

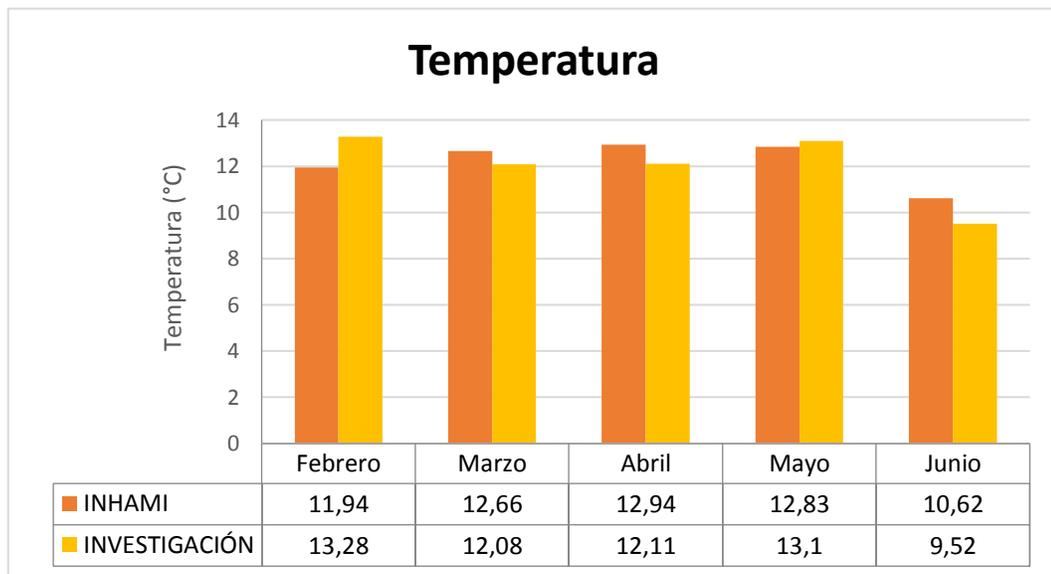


Figura 25. Comparación de temperaturas entre el INAMHI y la investigación

- Humedad relativa

Los valores medidos en el campo revelan que el mes con mayor humedad relativa fue marzo con 82,50% y el mes con menor humedad relativa fue mayo con 80,12%; mientras que los valores extrapolados de las estaciones de INAMHI indican que junio

fue el mes con mayor humedad (83,73%) y el mes con menor humedad relativa fue mayo con 79,98%, teniendo una diferencia de 1,74% (Figura 26).

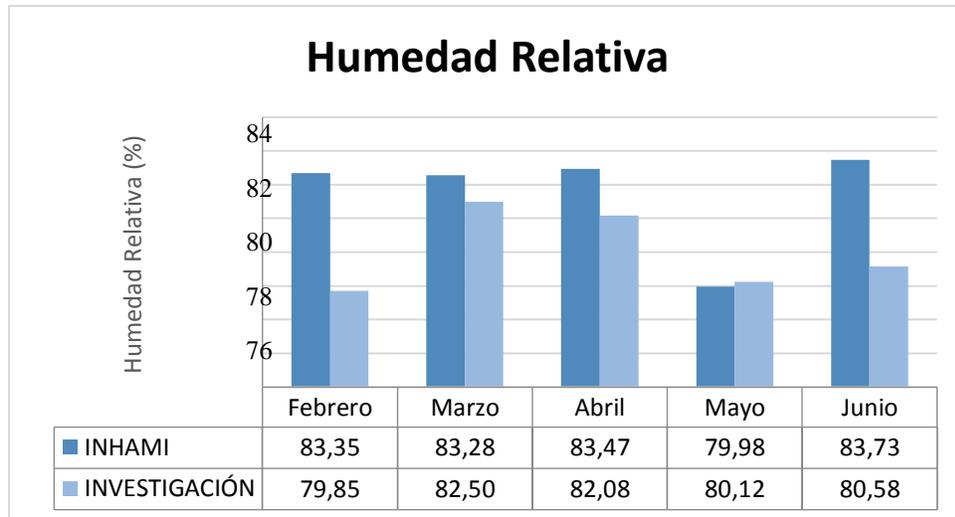


Figura 26. Comparación de humedad relativa entre el INAMHI y la investigación

Los valores de humedad relativa obtenidos tanto en campo, como aquellos arrojados por las estaciones meteorológicas, permitieron establecer, de acuerdo a la clasificación de climas propuesta por Thornthwaite (Anexo 10) que, la zona del Cubilche posee un clima tipo B4 húmedo lo cual nos indica que el área posee una alta humedad relativa (Ruiz, 2012), con ayuda de estos valores se eligió la caña guadúa para ser utilizada como parte del sistema de soporte, al ser este un material altamente resistente a zonas húmedas, por su alta capacidad de absorción de humedad del ambiente con valores que superan el 20 % de su masa y tener una vida útil que supera los tres años a la intemperie (Rea, 2012), aspectos que la hacen idónea a ser utilizada para la construcción de los prototipos.

- Precipitación

Los resultados de los datos arrojados por el INAMHI pertenecientes a un historial meteorológico de 15 años, evidencian una precipitación promedio de 54,78 mm en los cinco meses seleccionados, siendo abril el mes con mayor precipitación igual a 77,38

mm y junio el mes con menor precipitación 29,44 mm; en contraste con los resultados arrojados en campo donde el promedio es de 53,63 mm en los cinco meses estudiados, siendo abril el mes con mayor precipitación con 72,2 mm y el mes de junio el de menor precipitación con 30,1mm.

En la Figura 27, se puede observar que la precipitación tanto de los datos obtenidos por INAMHI como los medidos en campo, siguen la misma tendencia de precipitación, sube desde febrero llegando a su máximo en el mes de abril para luego volver a descender hasta el mes de junio.

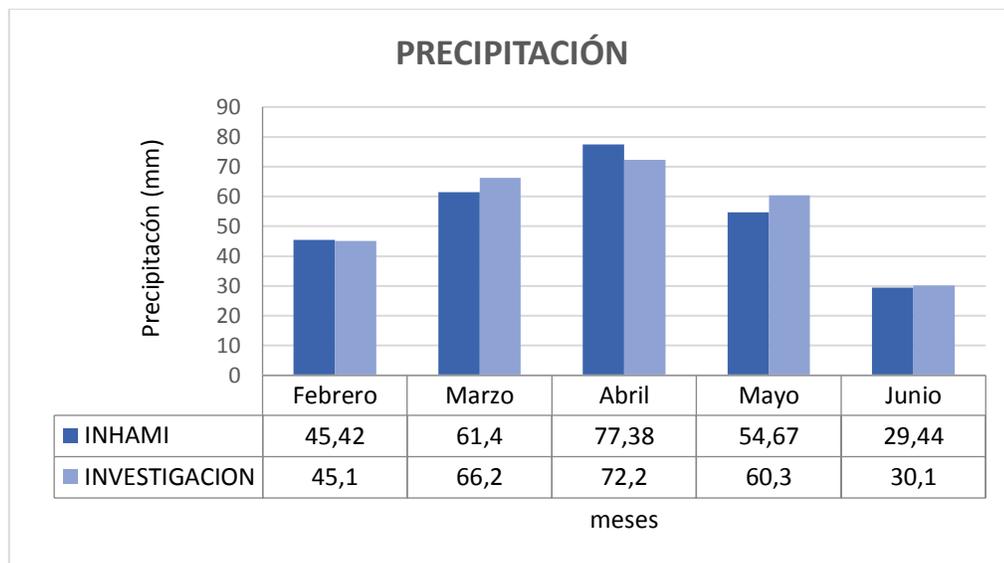


Figura 27. Comparación de precipitaciones entre el INHAMI y la investigación

La zona de estudio presenta una precipitación anual de 524 mm y un valor de temperatura máxima registrado de 26 °C, de acuerdo con los datos extrapolados del historial de las tres estaciones más cercanas a la zona de estudio del INAMHI (1999-2015). Mismos que fueron corroborados por los investigadores con los datos tomados en campo, con lo cual se pudo establecer que la zona presenta un alto índice de temperatura en horas del mediodía, por lo cual se requiere que el almacenamiento del agua recolectada esté oculto en el suelo o en la superficie con protección de la radiación, a fin de evitar la evaporación; adicionalmente la zona del Cubilche presenta

importantes precipitaciones, por lo cual se disminuirá en gran medida la captación de agua lluvia para fines del registro de captación propios de cada prototipo y finalmente se usó una canaleta recubierta de plástico, la cual cumple la función de recolectar el agua obtenida por la malla.

- Velocidad del viento

En la Figura 28, se puede observar que la velocidad del viento medida *in situ* y la registrada en las estaciones del INAMHI siguen una misma tendencia, aumentando gradualmente de febrero a mayo para luego disminuir en el mes de junio. Se observa que mayo es el mes con mayor velocidad del viento, siendo su valor de 2,67 y 2,54 m/s para INAMHI y mediciones *in situ* respectivamente.

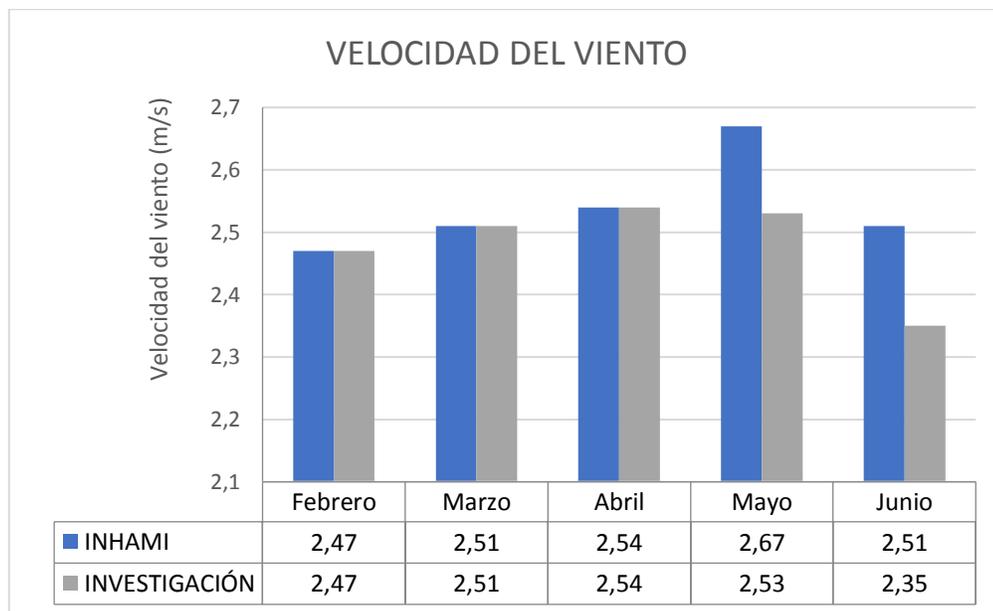


Figura 28. Comparación de velocidad del viento entre el INHAMI y la investigación

La zona de estudio presenta un viento ascendente en dirección sur- oeste desde la parte baja de la laguna mayor hasta la parte superior de la misma, con una velocidad de 6 m/s como valor máximo de velocidad registrado, equivalente a 21,6 km/h, propios de un viento de tipo moderado de acuerdo con la escala Beauford (Anexo 11) (Bello,

1998). Por lo cual se estableció a la malla Raschel al 65% a ser utilizada dentro del diseño de los prototipos captanieblas por las características que esta presenta, con un tramado romboidal, un gramaje de 69 g/m^2 y una alta resistencia al viento (LITEC, 2017), adicionalmente posee una retención de viento del 80% y una resistencia al mismo de $5,3 \text{ kgf/cm}^2$ (Anexo 12), (POLYTEX, 2018), características que le permiten resistir a las condiciones de la zona de Cubilche y la presencia de viento en dicha zona, estableciendo los materiales que se usaron dentro de la presente investigación (Anexo 13).

Como se mencionó anteriormente, la zona de estudio presenta una alta humedad relativa superior al 80% y velocidad del viento que llega a superar los 20 km/h en períodos de la madrugada y la tarde, aspectos por los cuales se estableció los siguientes materiales como parte del sistema de anclaje, los mismos que permitieron tener una mejor sujeción al suelo y estabilidad por parte de los prototipos, por otro lado, disminuir la corrosión de estos al ser de acero y evitar la formación de óxido.

- Estacas metálicas (2,5 m x 5x5 cm ancho)
- Tensores de alambre de acero
- Alambres de acero
- Ojos de buey

Luego del análisis de los datos meteorológicos suministrados por el INAMHI, la comparación de los datos obtenidos en las estaciones (valores medios mensuales de los 15 años de registro de datos) y los datos medidos en campo (febrero a junio del año 2018), se observa una similitud entre las variables a pesar de la diferencia de períodos (Figura 23), siendo la variable de humedad relativa la de menor variación, ya que en el compilado de 15 años se muestra un promedio de 82,76% y en los valores recolectados en campo muestra un 81,03%, es decir una disminución de 1,73% en los meses estudiados, que va en correlación con la presencia de temperatura y precipitación que varían en $0,18^\circ\text{C}$ y 1,12 mm respectivamente, lo que permite establecer que los datos

brindados por el Instituto son fiables y hay una mínima variación que es procedente de las transformaciones que ha sufrido el ecosistema por accionar humano y por condiciones naturales como el cambio climático. Como valor semejante entre las estaciones y el campo es el mes de abril, siendo el mes con mayor presencia de lluvias; además se evidencia un alto nivel de humedad relativa con un promedio de 83,47% y 77,38 mm en cuanto a precipitación media en los meses de febrero a junio, similares a lo encontrado en la recolección de datos en campo obtenidos en los mismos meses, con un promedio de 82,08% de humedad relativa y 72,20 mm en cuanto a precipitación media de los meses de estudio.



Figura 29. Correlación de las variables meteorológicas de campo y de las estaciones del INHAMI

Varios estudios sustentan que las condiciones meteorológicas diagnosticadas para la zona de estudio son favorables para la implementación de captanieblas como los trabajos realizados en Galte, provincia de Chimborazo (Ecuador), donde se obtuvo una captación de agua de neblina de 35,71 litros diarios en una pantalla de 6 m² en condiciones meteorológicas de: 80% de humedad, temperatura máxima de 20°C y una presencia de viento no mayor a 5,3 m/s; en Xalapas (México) se recolectó un promedio de 197,5 litros diarios en una pantalla de 60 m² en condiciones meteorológicas de: temperatura entre 10,4°C y 17,7°C, y precipitación de 42,2 mm en los meses iniciales

del año (enero a mayo) (Hidalgo, 2016; Molina y Pérez, 2017), similares a los valores obtenidos en la presente investigación que fueron de 81,03% de humedad relativa con una precipitación media de 54,78 mm, una temperatura de 12,02°C y una presencia de viento de 2,48 m/s.

En contraste al presente estudio que se desarrolló a una altitud 3.840 msnm con una temperatura promedio de 12°C propia de zonas de páramo, existen otros estudios donde las temperaturas son mayores, como en el caso de Chile, específicamente en el desierto de Atacama, donde las temperaturas varían mucho, pudiendo llegar a los -25°C y una temperatura máxima de 50°C en Ollagüe.

Según la biblioteca del congreso nacional de Chile, en los valles de Copiapó y Huasco en donde la camancha cubre las desérticas llanuras por las madrugadas, la precipitación media anual alcanza los 18 mm así mismo la temperatura es de 16,1°C, presentando una humedad relativa de 74%, difiriendo con las condiciones meteorológicas de la zona del Cubilche; sin embargo, el desierto de Atacama posee una humedad relativa promedio del 59% (18 % en el interior, pero muy alta en el litoral, llegando hasta un 98 % en los meses de invierno) permitiendo aprovechar esta camanchaca para la recolección de agua de neblina en época de invierno, a diferencia de la zona del Cubilche que su humedad relativa media es de 81,03% durante la mayor parte del año.

En cuanto a velocidad de viento en Atacama se tiene un promedio de 2,00 m/s (Soto, 2000), velocidad que permite la circulación de camanchaca hacia los captanieblas para su posterior recolección, siendo similar esta variable a los valores encontrados en Cubilche de 2,48 m/s.

En consecuencia se puede inferir que la presencia de neblina no está sujeta sólo a condiciones de páramo, sino que responde a condiciones meteorológicas idóneas que pueden presentarse en zonas litorales, como en el caso de Atacama en forma de camanchaca, favoreciendo la aplicación de sistemas captanieblas donde la humedad

atmosférica promedio sea mayor al 70% y exista corrientes de viento que permitan la circulación de neblina/camanchaca a través de la superficie y pueda chocar con las mallas para condensar las microgotas, siendo una propuesta alternativa y sustentable para el abastecimiento de agua en zonas vulnerables.

4.2 Elaboración de los diseños

Para la elaboración de los diseños de los captanieblas, se tomó en cuenta el análisis de las condiciones meteorológicas antes expuestas para la selección de los materiales y el diseño de los sistemas descritos a continuación:

- Captanieblas bidimensional o de pantalla

El presente diseño muestra una figura bidimensional (Figura 30), posee un área de 3,75 m² de malla Raschel (área de captación), los soportes de caña guadúa tienen una altura total de 3,50 m (de los cuales 50 cm se encuentran bajo suelo para dar soporte a la estructura y 3 m restantes son la altura propia del captanieblas) y un ancho de 2,50 m que van tensados con alambre de acero de 3 mm de espesor con el fin de que la malla no tienda a moverse por acción del viento.

Para la recolección del agua escurrida por el sistema de captación, se utilizó una canaleta de tubo PVC cortado longitudinalmente a la mitad, ocupando un largo total de 2,45 m y una inclinación del 5% con la finalidad de que el agua fluya en un solo sentido y sea más fácil su recolección, posteriormente éste conecta a un embudo y una manguera de plástico que finaliza en un recipiente de almacenaje de 15 litros de capacidad. Se utilizó dos anclajes conformados por alambre para tensar, ojos de buey y estacas de hierro de 20 cm de largo enterradas en el suelo.

Este diseño fue instalado en la laguna mayor de la meseta del Cubilche, a un costado suro – este, por presentar las condiciones ideales, tanto de neblina espesa y movimiento ascendente por acción de viento.

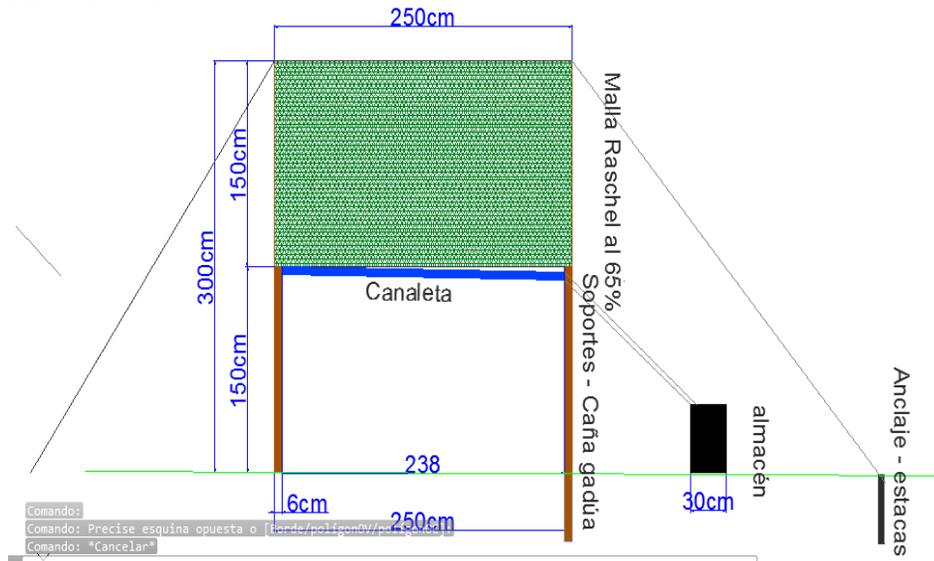


Figura 30. Diseño de captaniblas bidimensional.

- Captaniblas de prisma rectangular:

El captaniblas presentó dos estructuras, una interna que consta de dos pantallas rectangulares de 1m de base cada una y de 2,5 m de altura, separadas entre sí por una distancia de 1m, y una estructura externa que se alza con un área de captación total de 7,5 m², de los cuales: 2,50 m corresponden a la parte lateral, y una altura de 3 m compuestos por los soportes de cañada guadúa y la malla Raschel.

Cada pantalla (tanto internas como externas) cuenta con canaletas situadas en la parte inferior, que son parte del sistema de recolección, las mismas que, al igual que en el anterior captaniblas, cuentan con una leve inclinación que permitió un mejor flujo del agua recolectada en un solo sentido y su posterior almacenaje.

Este diseño fue situado a 10 m del captanieblas bidimensional, con la finalidad de no interferir en la captación de agua niebla del primer diseño y que los datos obtenidos sean equiparables con los demás diseños al del análisis de factibilidad.

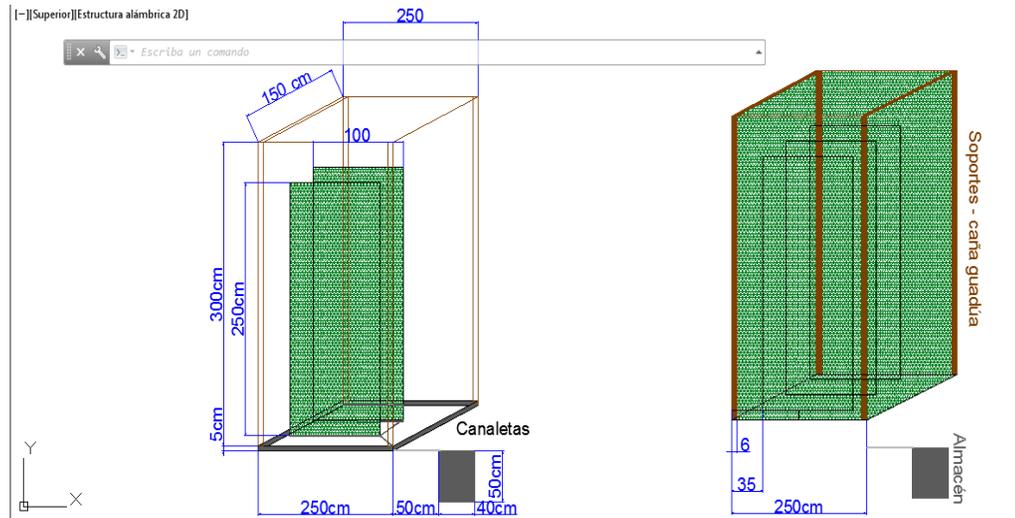


Figura 31. Diseño de captanieblas prisma cuadrangular.

Además, los diseños cuentan con un sistema de anclaje (Figura 32) que brinda estabilidad a las estructuras, el cual consiste en una estructura de alambre de acero, dos tensores y una estaca de metal para su sujeción al suelo, con un ángulo de inclinación con la horizontal de $56,31^\circ$.

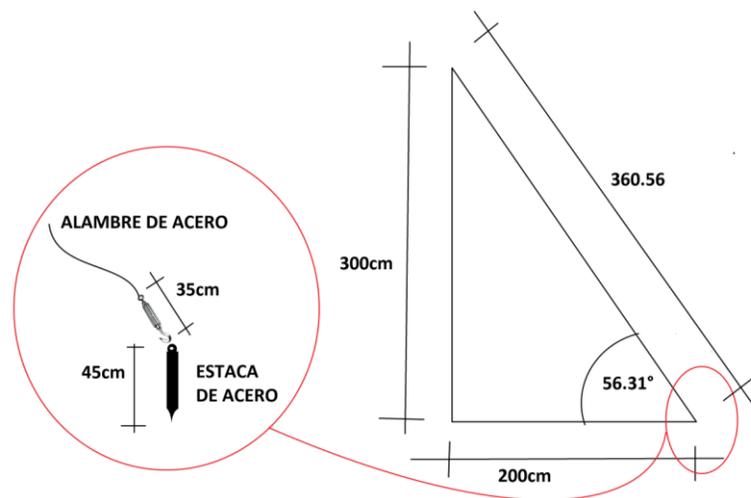


Figura 32. Sistema de anclaje

- Prototipo captanieblas propuesto.

Como propuesta, se diseñó un captanieblas en forma de árbol con estructura triangular invertida (Figura 33), el mismo que fue adaptado por los investigadores con el objeto de disminuir en lo posible el impacto paisajístico con respecto a los diseños tradicionales de captanieblas.

El prototipo posee una altura de 3 m y una apertura máxima en su copa de 2,10 m, siendo su segmento más corto el perteneciente a su tercer tramo de 1,45 m.

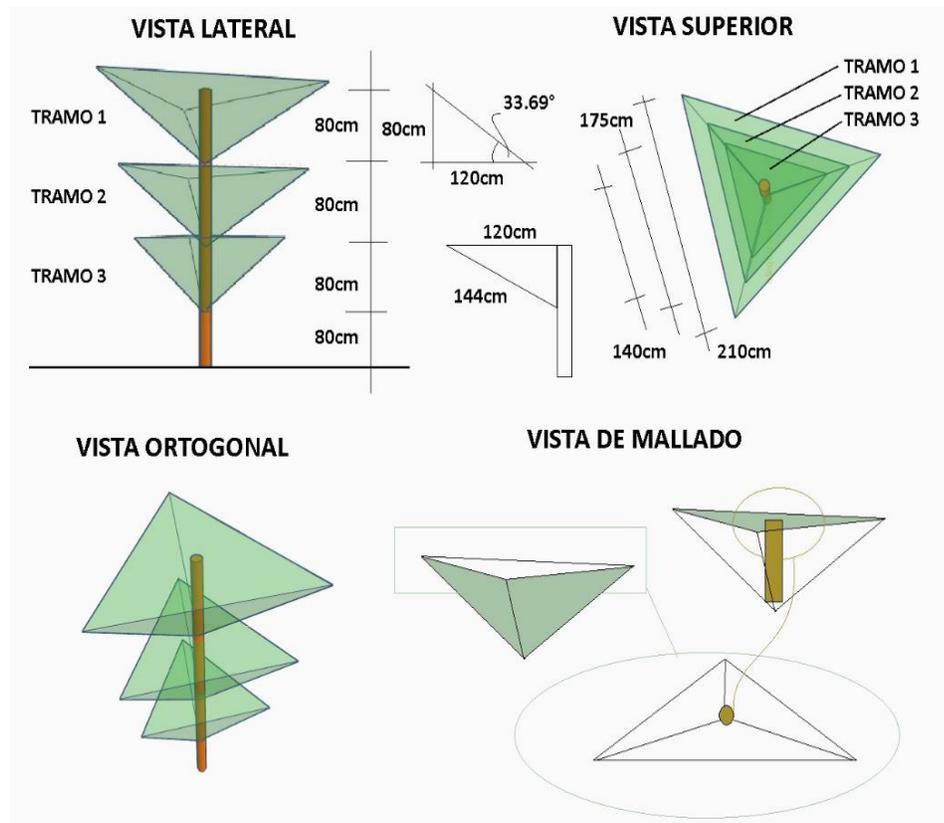


Figura 33. Prototipo captanieblas propuesto, “árbol”.

Para los tramos y segmentos se estableció una medida para la estructura interna (Tabla 9), siendo el tramo superior (Tramo 3) el de menor dimensión siendo 0,8 m en su parte

más baja y en la parte alta de 1,4 m; seguidamente del tramo 1 con dimensiones totales de 1,2 m en su parte más baja y de 2,1 m en la parte mas ancha.

Tabla 9. Dimensiones de los tramos y segmentos.

TRAMO	SEGMENTO	MEDIDA (cm)
1	A	210
	B	144
	C	120
2	A	175
	B	128
	C	100
3	A	140
	b	113
	c	80
TOTAL PARCIAL		1.210
TOTAL DE LOS TRES LADOS		3.630

Otras dimensiones utilizadas para el mallado externo (Tabla 10), generó un total de 27,57 m² repartidos en tres secciones, siendo el tramo 1 el de mayor cobertura con 11,19 m² y el tramo 3 el de menor material utilizado con 7,32 m², generando una estructura estable que permitió la captación de agua niebla por los tres lados de mallado.

Tabla 10. Dimensiones de los mallados.

TRAMO	AREA (m ²)	NÚMERO DE AREAS	TOTAL (m ²)
1	3,73	3	11,19
2	3,02	3	9,06
3	2,44	3	7,32
TOTAL	8,59	9	27,57

Para el diseño y construcción de los captanieblas se estableció valores de medida aplicables a cada uno de los prototipos (Tabla 11), con el objeto de comparar sus áreas y medidas.

Tabla 11. Análisis de comparación entre los diseños.

Diseño	Altura (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Área total (m ²)
Bidimensional	3	2,50	0,5	6,75
Prisma rectangular	3	3,00	0,5	33
Prototipo	3	2,10	0,7	27,57

En resumen, se tiene tres diseños (pantalla bidimensional, prisma de base rectangular y prototipo en forma de árbol), la pantalla bidimensional y el prisma cuadrangular son diseños con leves modificaciones en las dimensiones, estructura y sistema de anclaje, estas adecuaciones se realizaron con la finalidad de adaptarse al área de trabajo y a las necesidades requeridas (Armendaris, 2013; Vidal, 2018). El diseño en forma de árbol constituye la alternativa propuesta por parte de los investigadores.

4.2 Análisis de la factibilidad

4.3.1 Factibilidad económica

Para establecer la factibilidad económica, se consideró varios aspectos entre los materiales requeridos para la construcción de los modelos captanieblas, así como los valores paralelos generados por concepto de: transporte de personal, transporte de materiales y equipos, alimentación para los investigadores y personal de apoyo, así también gastos de oficina.

A partir de los costos de los materiales para cada sistema captanieblas mostrados en las siguientes tablas , se estableció el costo final que se requirió para la construcción de cada sistema.

Tabla 12. Costo del captanieblas de pantalla bidimensional.

Material	Cantidad	Valor Unitario (usd)	Costos total (usd)
Malla Raschel 35%	3,50 m	1,40	4,90
Caña gadúa	2	2	4,00
Alambre galvanizado	10 m	0,03	0,30
Tubo PVC	1	2,67	2,67
Alambre de acero torcido	12 m	0,70	8,40
Ojos de buey	4	0,30	1,20
Estacas de hierro	2	2,50	5,00
Amarraderas plásticas	8	0,1	0,80
Manguera	5 m	0,74	3,70
Balde plástico	1	4,50	4,50
Tubo PVC	2,30 m	8,00	6,13
COSTO TOTAL			46.93 usd

El costo requerido para la construcción del captanieblas rectangular tuvo un valor total de 116,36 usd, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Costo del captanieblas prisma rectangular

Material	Cantidad	Valor Unitario (usd)	Costos total (usd)
Malla Raschel 35%	22 m	1,40	30,80
Caña gadúa	2	2	4,00
Alambre galvanizado	50 m	0,03	1,50
Tubo PVC	24 m	2,67	64,08
Alambre de acero torcido	2	0,70	1,40
Ojos de buey	4	0,30	0,60
Estacas de hierro	2	2,50	5,00
Amarraderas plásticas	8	0,1	0,8
Manguera	5 m	0,74	3,70
Balde plástico	1	4,50	4,50
COSTO TOTAL			116.38 usd

Para la construcción del prototipo captanieblas denominado “árbol”, su costo fue de un valor total de 56,88 usd, desglosado por cada material utilizado como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Costo del prototipo captanieblas.

Material	Cantidad	Valor Unitario (usd)	Costos total (usd)
Malla Raschel 35%	30 m	1,40	42
Caña gadúa	1	2	2,00
Alambre galvanizado	50 m	0,03	1,50
Amarraderas plásticas	18	0,1	0.18
Manguera	5 m	0,74	3,70
Balde plástico	1	4,50	4,50
Madera	2	1,50	3,00
COSTO TOTAL			56.88 usd

Cabe indicar que el costo total (Tabla 15) de construcción de cada sistema captaniebla corresponde a los valores de mercado en el tiempo en que se realizó la presente investigación, de ahí que puede esta sujetos a variación. Además, estos costos no incluyen los gastos adicionales de la mano de obra y transporte de material.

Tabla 15. Costos totales de cada captaniebla

Captaniebla	Costos (usd)
Pantalla bidimensional	46,93 usd
Prisma rectangular	116,38 usd
Prototipo	56,88 usd

- Impacto paisajístico

Los prototipos instalados en la colina suroeste de la Laguna Cubilche, generan diferentes impactos paisajísticos evaluados por medio de una encuesta realizada a turistas que visitan la zona de estudio en los meses de estudio, con valores globales que

van de 0 a 30, siendo el puntaje menor el que genera menos impacto y el puntaje mayor un mayor impacto paisajístico. El valor más bajo obtenido fue el prototipo árbol, por su forma, compatibilidad con el ambiente e impacto visual; y el de mayor impacto, el del prisma de base rectangular, por su tamaño y aspecto (Tabla 16).

Tabla 16. Impacto paisajístico de los prototipos.

Categoría	Variable	Pantalla Árbol	Prisma rectangular	
Obstrucción de la visibilidad a una zona con valor paisajístico	Bloqueo de vista	1,2	1,1	0,7
	Intrusión visual	2,1	3,1	1,6
	Incompatibilidad visual	2,9	3,3	1,3
Alteración de los atributos de una zona con valor paisajístico	Artificialidad	2,2	3,2	2,1
	Perdida de atributos biofísicos	3,3	3,1	1,2
	Modificación de atributos estéticos	1,2	2,1	1,2
Total		12,9	15,9	8,1

* Los valores tomados en cuenta para cada variable van de cero a cinco puntos, siendo cero la calificación más baja y cinco la más alta.

* Cada modelo contó con un puntaje de impacto visual de cero a treinta puntos, como el producto de cada una de las variables paisajísticas evaluadas según la SEA.

4.3.2 Rendimiento

Los diseños instalados en la zona de estudio presentan diferentes niveles de captación, al ser prototipos se consideró estos valores en función del área de captación de cada uno de ellos, siendo esta el area efectiva de captación (área que generó captación en

función de la dirección del viento) con el objeto de determinar el volumen de agua captado por metro cuadrado de cada uno de los diseños (Tabla 17).

Tabla 17. Nivel de captación de cada prototipo

Prototipo	Captación (l/día)	Área de diseño (m²)	Área de captación (m²)	Captación diaria por metro cuadrado
Pantalla	17,5	6,75	6,75	2,6
Prisma	21,4	33	16,5	1,6
Árbol	17,9	27,57	13,78	1,3

* Cabe mencionar que el área considerada dentro del análisis es el área de captación más no de diseño, ya que esta supone toda la malla utilizada en la construcción del captanieblas y la de captación sólo la malla que recolectó agua, siendo diferente para cada modelo.

Como se muestra en la anterior tabla el valor más alto de captación por metro cuadrado de diseño al día, pertenece a la pantalla, por la ubicación que esta tiene en función al viento y por la relación uno a uno del área de diseño con el área de captación efectiva, lo cual significa que toda el área de diseño capta el recurso, aspecto que no se da en los otros diseños, donde el área efectiva de captación es inferior al área de diseño, existiendo un porcentaje elevado del área total de los diseños prisma y árbol, que no capta agua niebla, debido a su posición respecto al viento.

Los costos generados por la construcción de los diseños se encuentran entre los 46,93 USD y 116,38 USD, como valores propios de cada diseño, sin incluir los costos indirectos de instalación, mano de obra y viáticos. Estos valores se refieren a los costos aplicativos a cada prototipo de manera aislada, que comparados con propuestas que se han venido trabajando en torno al uso de sistemas de cosecha de agua por medio de captanieblas, son bajos. Estos costos están muy por debajo de propuestas como la aplicada en los Montes Canarios en España con un valor de 619,04 USD, con valores individuales por prototipo de 123,80 USD (Cerezal, Bayón, 2010) o propuestas como

la aplicada en Boyacá-Colombia con valores individuales por prototipo de 265 USD (Poveda y Sanabria, 2017), lo cual nos muestra que la presente propuesta muestra costos altamente rentables en comparación a otras propuestas.

Cabe destacar que los materiales utilizados, como el zarán tiene una durabilidad de tres años en condiciones normales y es resistente a la radiación solar, por lo que el rendimiento de los captanieblas no se ve comprometido y el mantenimiento de estos es bajo (LITEC, 2017).

El impacto paisajístico es una importante variable al establecer la aplicabilidad de un prototipo en una determinada zona, de allí que esta ha sido evaluada en la presente propuesta en un rango de 0 a 30, cabe destacar que ninguno de los diseños aplicados superan la media de dicha escala, con valores de impacto paisajístico de 7 hasta un máximo de 15 sobre 30 puntos, frente a otras propuestas que al compartir dos diseños similares (prototipo pantalla y prisma) (Hidalgo, 2016 y Briones, 2013), generan un mayor impacto visual que el prototipo árbol por su aspecto, color, capacidad de intrusión visual y baja artificialidad generando una propuesta con un bajo impacto visual y acoplabilidad al ambiente.

Los diseños implementados en la zona del Cubilche permiten obtener un promedio diario de 14,6 litros a 17,5 litros diarios, cada uno, con valores de captación por metro cuadrado de construcción de diseño que van desde 1,3 l/m²/día a 2,6 l/m²/día. Estos valores muestran niveles de captación aceptables en comparación a otras propuestas que muestran niveles de captación superiores a los diseños implementados, pero similares o inferiores en lo referente a la captación por metro cuadrado de construcción de diseño que estos ofrecen, un ejemplo de esto es lo mostrado en Marruecos-España que muestra diseños de 12 m² de área de construcción con un nivel de captación de 22,8 litros diarios y una captación por metro cuadrado de construcción de diseño de 1,9 l/m²/día, o el obtenido en las cumbres de Anga-Tenerife con un valor de 3,5 l/m²/día

(Marzol y Sánchez, 2008), y en el Xalapas (México) donde la pantalla recolectó 6,58 lt/m²/día en un área de 60 m² (Molina y Pérez, 2017), lo cual muestra que la presente propuesta bordea dichas experiencias de manera satisfactoria. Es necesario señalar experiencias locales como la obtenida en Montecristi-Ecuador, donde se presentan tres diseños (rectángulo, pirámide y abeto) con valores de captación de 2,0 l/m²/día, 2,8 l/m²/día y 3,0 l/m²/día por cada uno de los diseños (Briones, 2013), lo que nos permite concluir que los valores obtenidos por la presente propuesta son altamente satisfactorios en función de los resultados obtenidos en otros proyectos.

Para establecer la factibilidad de cada uno de los diseños, se los evaluó sobre 100 puntos aplicando las variables (Figura 34): costos, impacto paisajístico y rendimiento, explicado anteriormente. Como resultado se obtuvo de los tres diseños estudiados, el prototipo de captanieblas (árbol) en la investigación de mayor factibilidad, con valores de 83,53 puntos, sobrepasando con 3,55 al captanieblas tradicional de pantalla y con un mayor puntaje al captanieblas de prisma de rectangular con 14,25 puntos.

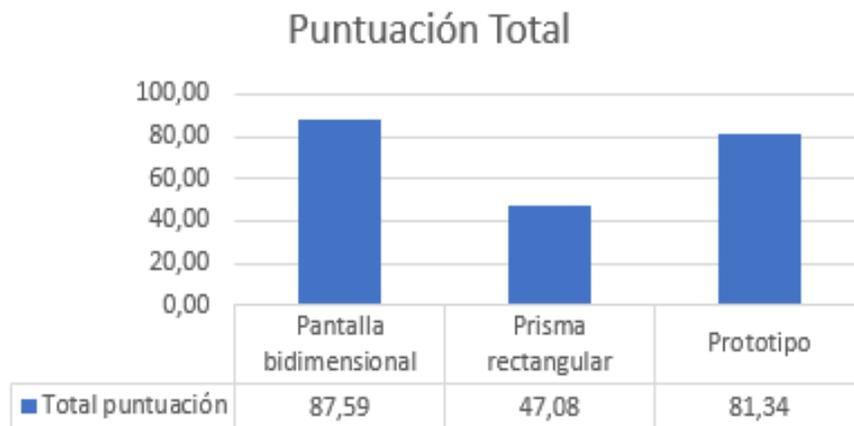


Figura 34. Factibilidad de cada prototipo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 5.1. Conclusiones

En base a los datos meteorológicos procesados y analizados, donde se obtuvo una humedad media de 81,03% y una velocidad de viento de 2,48 m/s en los meses de estudio, se concluye que las zonas con un porcentaje de humedad superior al 75% y la oportuna movilización de neblina, son características idóneas para la implementación de sistemas captanieblas.

Para el diseño y construcción de los captanieblas se consideró las características de los materiales, dando como resultado que la malla Raschel o zarán es favorable para la condensación de microgotas de neblina y que los demás materiales (sistema de soporte y de almacenamiento) fueron en función a las condiciones de la zona de estudio.

Para el diseño de los captanieblas se consideró medidas de diseño similares para todos los sistemas, con el objeto de que esta variable no afecte la comparación del rendimiento de los captanieblas, con valores que van desde 2,44 m² a 3,73 m² en lo referente a su mallado lateral, así mismo la altura es estándar para todos con un valor de 3 m.

Se realizó un análisis de factibilidad para la determinación del sistema óptimo, considerando tres variables, según este análisis se llegó a concluir que, el prototipo pantalla es el más eficiente, sin embargo, el de mayor interés en la población fue el prototipo propuesto.

De los tres sistemas captanieblas estudiados, el prototipo "árbol" propuesto por los investigadores, alcanzó un puntaje de 81,34, siendo la diferencia del prototipo de

pantalla de 6,25 puntos (captan niebla de pantalla 87,59 puntos) por lo tanto, podría considerarse una alternativa innovadora ante el bajo impacto paisajístico que este presenta y su nivel de captación de agua.

En lo referente a durabilidad de los diseños, las características de los materiales utilizados en la construcción permiten estimar una vida útil de tres años.

- 5.2 Recomendaciones

Se recomienda incrementar las salidas de campo a por lo menos un año de recolección de datos meteorológicos, con el fin de obtener información tanto en la época seca como en la húmeda, que permita cuantificar los valores mínimos, máximo y medios de las condiciones meteorológicas de la zona, y determinar cómo varía el rendimiento de los prototipos a lo largo del año.

Es aconsejable trabajar con los habitantes de la comunidad en donde se vayan a implementar este tipo de sistemas, ya que se logra un mayor compromiso en cuanto a la preservación de los captanieblas.

Si el agua va a ser destinada para consumo humano, deberá realizarse estudios bioquímicos para determinar la calidad de esta y aplicar filtros a los sistemas captanieblas para cumplir con los requerimientos básicos de consumo propuestos por la Organización Mundial de la Salud.

Con el fin de incrementar la vida útil del sistema captaniebla, se recomienda en lo posible el empleo de materiales propios de la zona para la construcción, con el fin de disminuir el coste de elaboración, así como el impacto visual, además de adaptar las partes estructurales de acuerdo con las condiciones climatológicas de la zona y realizar revisiones periódicas trimestrales para identificar posibles desgastes en los materiales que requieran mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, P., Andreu, J. M., Herrero, M. G., Martín, J. A. L. y Gómez, Á. P. (2007). Un estudio integrado del relieve terrestre. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Alfaro*, 15(2), 112-123.
- Andrade, (2005). *Sistemas de información para la interpolación de datos de temperatura y de precipitación del Ecuador*. Escuela Politécnica Nacional.3 (8), 72
- Aránguiz, G., Morales, F., Nieto, J., & Silva, G., (2009). Diseño generativo. Aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. P. 74 – 83
- Arnau, X. (2012, 18 de enero). “Exprimidores” de nubes en Canarias. *Yorokubo*. Recuperado de: <https://www.yorokubu.es/%E2%80%98exprimidores%E2%80%99-de-nubes-en-canarias/>
- Armendaris, M. (2013). *Diseño y construcción de un prototipo de captación de agua atmosférica para su aprovechamiento en comunidades de difícil acceso al agua potable* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.
- Barragán, R., (31 de mayo de 2013). Laguna del Cubilche. Diario El Norte. Recuperado de <https://www.elnorte.ec/editorial/articulist/la-laguna-de-Cubilche.com/>
- Barrera A., (2004). Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España. Universidad de Barcelona, (Trabajo para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados, junio de 2004). España.
- Bautista, A., Tovar, J., Palacios, O., Mancilla, O., (2011). La humedad atmosférica como fuente opcional de agua para uso doméstico, *Agrociencia*45, 3, 3.
- Bello, R., Arias-Schreiber, M., y Sánchez, R. (1998). Distribución y abundancia relativa de cetáceos durante el crucero de BIC Humboldt 9709-10, de Matarani a Paita.
- Benavides, M. y Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Scielo*, 34(1) ,120-123. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000100008
- Bercián, K. y Palomo, K. (2004). Revisión y metodología para extensión y relleno de datos de series históricas y su aplicación a los ríos del Salvador. (Proyecto de titulación, 2004). *Universidad Centroamericana José Simeón Cañas*. 83-88

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. *Clima y vegetación de Atacama*. Recuperado de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region3/clima.htm>
- Biblioteca Nacional de Antropología e Historia, México, DF. *Códices de México*. Recuperado de <http://www.gobiernodigital.inah.gob.mx/mener/index.php?id=19>
- Brenes, Á., y Saborío, V. F. (1995). Elementos de climatología: su aplicación didáctica a Costa Rica (No. 1). Editorial oficial de la Universidad Estatal a Distancia (UNED).1, 6-17.
- Briones, A., (2013). *Captación de Agua de Bruma en el cerro de Montecristi en la época seca y su impacto en el consumo humano por medio de Fenómenos Termodinámicos Naturales* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.
- Campos, J. (1999). Criterios para el análisis de “Curvas Hipsométricas”. Caracterización y clasificación de redes hidrográfica. *Columbia*, p. 58-90
- Cardona, B. L. (2013). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Universidad de San Carlos de Guatemala, pp. 21-23. Guatemala.
- Casa, S. y Enrique, W. (2017). *Diagnóstico de vertientes y determinación de reservas hídricas prioritarias para el abastecimiento de agua, para el consumo humano en la parroquia la Esperanza* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Castañeda, F. y Mendoza, B. (2014). *Criterios metodológicos para la definición de sistemas de captación de aguas con base en lluvia horizontal* (Proyecto de titulación, no publicado). Universidad Católica. Colombia.
- Castaño, V. (2010). Estimación del indicador de calidad de vida para el departamento de Antioquia. *Centro de Estudios de Opinión*. Antioquia. 1(2), 115-134
- Castro, R. y Martínez, A. (1997). Variabilidad espacial y temporal del campo de viento. Dinámica del ecosistema Pelágico frente a Baja California, 2007, 129-147.
- Cavero, M., (2013). Incertidumbre de los métodos de medición de la precipitación. Recuperado de: <http://gidahatari.com/ih-es/incertidumbre-metodos-medicina-precipitacion>
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). (2013). Manual CHAC, Cálculo de hidrometeorológico de aportaciones y crecidas. Ministerio de Fomento de España.

- Cerezal, J. y Bayón, S. (2010). Fundamentos y tecnologías para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios. *Revista Montes*, 100(1), 15-20.
- Cirelli, A. F. y Du Mortier, C. (2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. *Solar SafeWater*, 1, 11-26.
- Constitución de la República del Ecuador 2008 (Constitución Nacional del Ecuador 8/2008, 20 octubre). *Registro Oficial n°449*, 2011, 7 de mayo.
- Escuela de Arquitectura del Paisaje. (2011). Guía para la evaluación del valor paisajístico en el SEIA. SEA. Chile.
- Espinosa, D., Vargas, B. y Oñate, F. (2005). *Estudio y diseño de captación de agua neblina a través de paneles neblineros para dotación de agua potable a pequeñas comunidades* (Proyecto de titulación, no publicado) Universidad Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Felicísimo, A. M. (2008). *Modelos digitales del terreno* (Tesis, 2018). Universidad de Oviedo. Madrid, España.
- Fernandez, V. y Ruberto, M. (2002). Guía metodológica para impacto ambiental. 2, 2-7. España.
- FogQuest: Sustainable Water Solutions. (2018). *Past Projects*. Recuperado de: <http://www.fogquest.org/project-information/projects/>
- Food and Agriculture Organization (F.A.O). (2015). *Sistema de Información sobre el Uso del Agua en Ecuador*. Recuperado de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/ECU/indexesp.stm
- Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. (2017). *Sobre el Garaoé*. Recuperado de: <http://fundacionorotava.org/canariassigloxviii/islas/el-hierro/sobre-el-garoe/>
- GAD Parroquial La Esperanza. (2018). Turismo, atractivos turísticos. Recuperado de <http://www.gplaesperanza.gob.ec/index.php/ct-menu-item-53/ct-menu-item-55>
- Garavito, J. (2012). *Diseño de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/SociedadJulioGaravito/diseo-de-sistemas-de-captacin-de-agua-de-lluvia-12213385>
- García A. (2015, enero 31). La neblina, fuente de agua alternativa. *El Comercio*. Recuperado de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/31-01-2015/la-neblina--fuente-de-agua-alternativa>

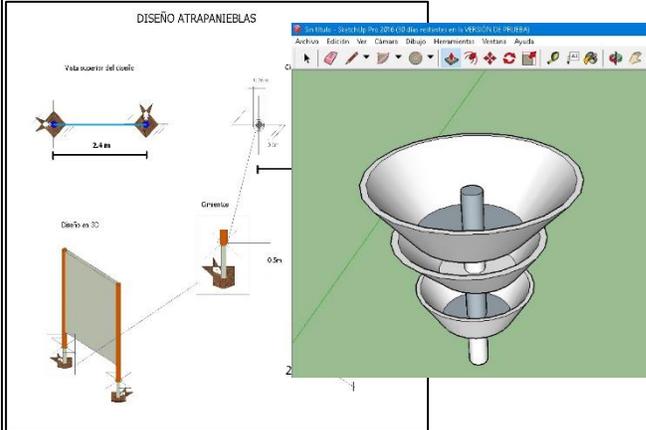
- Geoinstitutos. (s.f). *La cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá*. Recuperado de: http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp.
- González, E. (1967). *Estadística aplicada*. Recuperado de http://ucv.ve/fileadmin/user_upload/faces/ceap/Pdf/E315_AnalisisDatos.pdf
- Gudynas, E. (2000). Los límites de la sustentabilidad débil y el tránsito desde el capital natural al patrimonio ecológico. *Ecología Social*, 11, 7-11.
- Herrera, L. A. (2012). *Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia* (Tesis doctoral, 2010) Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Hidalgo, D. L. (2016). *Captación de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito, Ecuador.
- Infocentro La Esperanza. (2014). Parroquia La Esperanza. Recuperado de: <http://infolaesperanzardc.blogspot.com/>
- Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI). (2017). *Hidrológico 2014-2017(Estaciones Automáticas)*. Publicaciones Hidrológicas. Recuperado de Reposito digital Ah2014-2017-EHA.
- Joaquín, M. (2004). *Modelos digitales de elevaciones, métodos de interpolación y parámetros morfométricos del relieve* (Tesis doctoral, 2004). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Lavell, A. (1996). Ciudades en riesgo. *La Red (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina)*, 1, 32-33.
- Leff, E. (1994). *Globalización, racionalidad ambiental y desarrollo sustentable*. Recuperado de <http://www.ambiental.net/biblioteca/LeffCapitalizaciónNaturaleza.htm>.
- Lezaun, M. (2002). Predicciones del Tiempo y Matemáticas. *Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada*, 22, 59-98.
- LITEC, Soluciones para la agricultura, (2017). Malla raschel verde 65%. Recuperado de <http://www.litecperu.com/wp-content/uploads/2017/11/MALLA-RASCHEL-VERDE-65.pdf>
- Marcus, F. (2008). Hydro-Net. *Dezeen*. Recuperado de <https://www.dezeen.com>
- Marzol, M. y Sánchez, J. L. (2008). El potencial hídrico de los stratocumulus subtropicales. *Divulgameteo*. Recuperado de <http://www.divulgameteo.es/uploads/Potencial-h%C3%ADdrico.pdf>

- Mason, Lind, Marchal y Lozano, (1998). *Estadística para administración y economía*. 658.00212 M376E 1998.México DF.
- Medina S., Vargas L., Navarro J., Canul y Peraza S. (2010). *Comparación de medidas de desviación para validar modelos sin sesgo, sesgo constante o proporcional*. 26(3), 255-263.
- Meruane, C., Garreaud, R. (2006). *Determinación de Humedad en la Atmósfera. Manejo de Áreas* (Proyecto de titulación, no publicado). Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- Molina, C y Pérez, J. (2017). Captación de agua de lluvia y niebla en la época seca en la ciudad Xalapa, Veracruz, México. *Ingeniería del Agua*, 21 (3), 153-163.
- Montgomery, Runger y Medal. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. 1(5), 66-72No. 968-18-5914-6.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *Agua*. Recuperado de <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- Organización mundial de la salud (OMS). (2013). *Temas de salud (agua)*, Recuperado de <http://www.who.int/topics/water/es/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015). Guías para la calidad del agua potable. *Guidelinesfordrinking – wáter quality*.3 (1), 3.
- Ortega, E. V. (2004). *Diseño de un sistema alternativo de abastecimiento de agua para el Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja* (Proyecto de titulación, no publicado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Palacio, C., y Jiménez, J. (2012). Climatología urbana y de montañas. *Meteorología de Montañas. Redalyc.org*, 79 (175), 62.
- Palacio, N. (2010). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia* (Proyecto de titulación, no publicado). Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas. Antioquia, Colombia
- Pascual, J., Naranjo, M., Payano, R., y Medrano, O. (2011). Tecnología para la recolección de agua de niebla. *ResearchGate*, 2(2), 4-11. Doi: 10.13140/RG.2.1.4806.7048
- Paspuel, L., y Katherine, J. (2015). *Creación de la Ruta Turística de los Lagos de la Provincia de Imbabura*. Recuperado de <http://www.dspace.cordillera.edu.ec/xmlui/handle/123456789/351>

- Pazmiño, E., y Domínguez, J. (2014). *Plan de manejo participativo para el aprovechamiento racional de los recursos naturales del cerro Cubilche provincia de Imbabura* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Petterssen, S. (1968). Introducción a la Meteorología. *Worldcat*, 4(1),99.
- Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 (Ley orgánica 10/2017, 22 de septiembre). Registro oficial n°CNP-003-2017, 2017, 26 octubre.
- POLYTEX, (2018). Malla Rachel: Características Comerciales. Recuperado de <https://studylib.es/doc/6743999/malla-raschel>.
- Poveda, J. y Sanabria, J. C. (2017). *Evaluación de la eficiencia de cinco materiales de malla para el sistema de atrapanieblas en el Municipio de Siachoque– Departamento de Boyacá* (Proyecto de titulación, no publicada). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.
- Pro's Kit NT-312. (2013). Recuperado de: <http://www.pacific-electronics.com/proskit-nt312.asp>
- Quijano, J. (2011). Simulación de la dinámica del viento superficial sobre la costa de Ica utilizando el modelo numérico de la atmosfera de meso escala MM5.
- Ramírez, M. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del Chaco. (Proyecto de titulación,2005). *Universidad Nacional del Nordeste*, 1-4.
- Ramos, J. G. A., y Sera, A. S. (2004). Utilización de la escala beaufort en la determinación del potencial eólico. *Ingeniería Energética*, 25(1), 13-17.
- Rea, V. (2012). *Uso de la caña guadua como material de construcción: evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales*. España. Universidad Politécnica de Madrid.2012, Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado.
- Riascos, (2005). Modelización estadística de variables cualitativas: una introducción aplicada. *Tendencias*, 6(1), 97-108.
- Rincón, L., Ortega, J., y Erena, M. (1996). *Distribución espacial de la evapotranspiración de referencia en la región de Murcia*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Manuel_Erena/publication/259532503_DISTRIBUCION_ESPACIAL_DE_LA_EVAPOTRANSPIRACION_DE_REFERENCIA_EN_LA_REGION_DE_MURCIA/links/0deec52c6a6cc4210f000000.pdf

- Román, L. (1999). Obtención de agua potable por métodos no tradicionales. Obtención de agua a partir de las Camanchacas. *Ciencia al Día Internacional*, 2(2), 13.
- Rosales, J.L. (2016, marzo 26). Imbabura: 162 comunidades cuidan con celo el agua. Recuperado de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/planeta/marzo-26-del-2016/imbabura--162-comunidades-cuidan-con-celo-el-agua>
- Ruiz, A. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y ciencia* [online]. 2012, vol.28, n.1, pp.1-14. ISSN 0186-2979.
- Servicio de Evaluación Ambiental de Chile (SEA). (2013). Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico. *SEA*. 2, 47-49.
- Soto, G. (2000). Captación de agua de las nieblas costeras (Camanchaca), Chile. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia, 131162.
- Vidal, A. (2018). Diseño de captación de agua atmosférica. *Academia.edu*. Recuperado de <https://www.academia.edu/>
- Zaror, C. (2002). *Introducción a la ingeniería ambiental para la industria de procesos*. Recuperado de “Ingeniero Ambiental”: http://www.ingenieroambiental.com/4018/introduccion%20a%20la%20ingenieria%20ambiental%20para%20la%20industria%20de%20procesos_c%20zaror.pdf

ANEXOS

Anexo1. Materiales	Anexo2. Recolección de la información
 A photograph showing two people, a woman in a red top and a man in a yellow shirt, standing in a room. On the floor in front of them are various materials, including a large green tarp, a black bag, and other equipment.	 A photograph of two people at a desk. The background wall features logos for the Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (NAMHI) and LANCAS (Laboratorio Nacional de Análisis de Calidad del Ambiente).
Anexo 3. Bosquejos preliminares	Anexo 4. Manufactura de los captanieveblas
 A screenshot of a 3D CAD software interface showing the design of a snowcatcher. The design includes a funnel-shaped structure with a central vertical pipe. Dimensions are indicated, such as a diameter of 2.4 m and a height of 0.5 m. The software window title is 'Sin título - SolidWorks 2014 (3) - Has estado en la versión (3) (RUBEN)'. The interface includes a menu bar with options like Archivo, Edición, Ver, Cámara, Diseño, Herramientas, Ventanas, and Ayuda, and a toolbar with various icons.	 A photograph of a person kneeling on a large green tarp laid out on a paved surface outdoors. A white van with '101 POL' is visible in the background.

Anexo 5. Fotografías de la construcción e implementación de los captanieblas





Anexo 6. Registro de datos



Anexo 7. A) Tabla de los valores de campo del mes de febrero del 2018 tomados de la zona de estudio (Laguna del Cubilche)

Primera semana I	Día	miércoles 1								sábado 4								PROMEDIO
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	10oC	9oC	9oC	16oC	19oC	17oC	13oC	12oC	11oC	10oC	11oC	17oC	19oC	17oC	12oC	11oC	13,31°C
	HR(%)	87%	89%	86%	71%	70%	77%	86%	86%	87%	90%	86%	77%	74%	75%	81%	80%	81,38%
	RR(mm)	0	0	0	0,1	0,6	0,7	0,4	0,3	0,7	1,8	1,8	1,1	0,9	0,7	0,2	0,1	9,4
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2,50
Segunda semana I	Día	martes 7								domingo 12								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	10	9	11	17	14	12	9	10	8	8	9	19	21	19	13	10	12,44
	HR(%)	83%	88%	89%	71%	81%	89%	74%	83%	84%	85%	85%	74%	74%	75%	86%	79%	81%
	RR(mm)	0,3	0,5	0,6	0,5	0,8	1,1	0,5	0	0,3	0,2	0	0,7	1,3	0,8	0,8	0,9	9,3
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	3	5	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	3,19
Tercera semana I	Día	jueves 16								sábado 18								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	12	12	11	16	17	17	12	12	11	10	11	17	19	17	12	11	13,56
	HR(%)	78%	82%	82%	76%	73%	81%	85%	78%	87%	90%	86%	77%	74%	75%	81%	80%	80,31%
	RR(mm)	0,6	1	1,1	1	1	1,3	0,6	0,2	0,7	1,8	1,8	1,1	0,9	0,7	0,2	0,1	14,1
	Velocidad del viento(m/s)	1	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2,38
Cuarta semana I	Día	lunes 21								viernes 24								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio

	T(°C)	10	9	11	18	21	18	13	10	9	9	10	21	21	18	13	10	13,81
	HR(%)	80%	84%	82%	70%	78%	77%	74%	72%	74%	77%	78%	73%	72%	72%	76%	75%	76%

B) Tabla de los valores de campo del mes de marzo del 2018 tomados de la zona de estudio (Laguna del Cubilche)

Primera semana 1	Día	Miércoles 7							Sábado 10							Pro medi o		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00		19:00	22:00
	T(°C)	9	9	9	20	21	23	14	12	7	7	7	16	19	16	10	8	12,9 4
	HR (%)	77%	78%	77%	69%	64%	78%	86%	88%	89%	90%	86%	74%	74%	89%	90%	88%	81%
	RR(mm)	0,9	0,7	0,4	0,4	0,3	1,2	1	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	1,1	0,8	0,6	1,1	0,77
	Velocidad del viento(m/s)	3	3	3	4	5	5	4	2	3	3	2	4	4	3	2	4	3,38

Segunda semana 1	Día	martes 13								domingo 18								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	7	7	7	13	14	13	9	7	6	6	6	12	13	12	9	6	9,19
	HR(%)	89%	90%	86%	74%	74%	89%	90%	88%	89%	90%	86%	74%	74%	89%	90%	88%	85%
	RR(mm)	1	1,3	1,3	1,3	1	0,8	0,9	1	1,6	1,8	1,9	1,8	1,7	1,4	0,5	0,4	1,23
	Velocidad del viento(m/s)	3	3	4	4	5	3	2	4	3	4	3	4	5	5	4	3	3,69
Tercera semana 1	Día	Jueves 22								Lunes 26								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	6	5	6	16	20	17	14	13	12	12	11	17	17	15	13	12	12,88
	HR(%)	89%	90%	70%	80%	72%	82%	90%	92%	94%	91%	88%	82%	79%	82%	83%	80%	84%
	RR(mm)	1,4	2,7	2,6	0	0,7	1,3	1	1,3	1	0	0	2,1	2,1	1,8	1,5	1,3	1,30
	Velocidad del viento(m/s)	3	3	4	4	4	3	4	3	3	2	2	4	4	3	4	3	3,31
Cuarta semana 1	Día	miércoles 28								sábado 31								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	12	11	10	16	18	15	13	11	11	10	10	18	18	16	12	12	13,31
	HR(%)	82%	87%	84%	74%	75%	82%	84%	86%	84%	79%	73%	64%	67%	86%	88%	83%	80%
	RR(mm)	1,4	1,4	1,1	0,6	0,8	0,8	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,9	1,8	1,4	1,2	0,84
	Velocidad del viento(m/s)	3	2	2	4	4	3	4	3	2	2	2	4	3	2	2	2	2,75

C) Tabla de los valores de campo del mes de abril del 2018 tomados de la zona de estudio (Laguna del Cubilche)

Primera semana 3	Día	lunes 3								sábado 8								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	8	7	7	10	14	13	9	9	9	8	9	18	21	18	13	12	11,56
	HR(%)	88%	89%	75%	80%	82%	88%	89%	89%	80%	75%	68%	65%	59%	72%	89%	86%	80%
	RR(mm)	1,5	2,3	3	1,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,9	0,7	0,7	0	0,2	0,7	0,5	0	0,97
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	3	3	5	4	3	2	2	3	3	3	4	5	4	3	3,19
Segunda semana 3	Día	miércoles 12								domingo 16								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	12	11	11	17	18	16	12	12	11	11	10	17	18	15	12	11	13,38
	HR(%)	84%	86%	83%	76%	71%	77%	84%	83%	82%	83%	79%	66%	62%	75%	90%	92%	79,56%
	RR(mm)	0,3	0,7	1	1	0,7	0,9	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,59
	Velocidad del viento(m/s)	3	2	2	3	3	4	3	2	3	2	2	2	3	2	4	2	2,63
Tercera semana 3	Día	martes 18								viernes 21								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	11	11	11	17	19	16	14	12	12	11	11	16	19	16	14	12	13,88
	HR(%)	91%	89%	86%	79%	72%	87%	93%	89%	88%	89%	85%	71%	68%	81%	91%	92%	84,44%
	RR(mm)	0,9	1,4	1,5	1,5	0,5	1,4	0,5	1,1	0,9	0,7	0,9	0,4	0,4	0,8	0,6	0,7	0,89
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2,31
Cuarta	Día	miércoles 26								domingo 30								
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	Promedio
	T(°C)	12	12	11	16	18	16	13	12	11	11	11	16	17	16	13	12	13,56

	HR(%)	94%	95%	89%	83%	83%	82%	83%	85%	83%	84%	84%	76%	72%	88%	83%	85%	84,31%
	RR(mm)	1	1,9	1,9	1,8	2,1	2	1,3	1,1	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	1,3	1,3	1,1	1,28
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	3	5	4	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2,56

D) Tabla de los valores de campo del mes de mayo del 2018 tomados de la zona de estudio (Laguna del Cubilche)

Primera semana 4	Día	miércoles 09							viernes 11							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	3	3	5	9	13	15	11	8	3	4	10	14	16	13	9	7	8,94
	HR(%)	90%	88%	86%	77%	73%	71%	75%	79%	87%	86%	81%	77%	68%	75%	81%	83%	79,81%
	RR(mm)	0,9	1,4	1,5	1,5	0,5	1,4	0,5	1,1	0,9	0,7	0,9	0,4	0,4	0,8	0,6	0,7	0,89
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2,31
Segunda semana 4	Día	domingo 13							martes 15							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	6	7	9	12	16	15	14	12	7	7	7	16	19	16	10	8	11,31
	HR(%)	91%	89%	86%	79%	72%	87%	93%	89%	88%	89%	85%	71%	68%	81%	91%	92%	84,44%
	RR(mm)	1	1,9	1,9	1,8	2,1	2	1,3	1,1	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	1,3	1,3	1,1	1,28
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	3	2	2	3	4	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2,50
Tercera semana 4	Día	jueves 17							sábado 19							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	12	12	11	16	18	16	13	12	9	11	16	19	20	17	13	11	14,13
	HR(%)	88%	89%	85%	74%	63%	68%	72%	79%	80%	75%	68%	65%	59%	72%	89%	86%	76,60%
	RR(mm)	1	1,9	1,9	1,8	2,1	2	1,3	1,1	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	1,3	1,3	1,1	1,28
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	3	5	4	2	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2,56

Cuarta semana 4	Día	miércoles 23							domingo 27							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00		19:00	22:00
	T(°C)	7	7	8	10	14	15	9	6	3	5	9	18	17	18	13	10	10,56
	HR(%)	88%	89%	75%	80%	82%	88%	89%	89%	80%	75%	68%	65%	59%	72%	89%	86%	79,63%
	RR(mm)	1,5	2,3	3	1,8	0,7	0,9	0,8	0,6	0,9	0,7	0,7	0	0,2	0,7	0,5	0	0,96
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	3	3	5	4	3	2	2	3	3	3	4	5	4	3	3,19

E) Tabla de los valores de campo del mes de junio del 2018 tomados de la zona de estudio (Laguna del Cubilche)

Primera semana 5	Día	viernes 01							lunes 04							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	-4	1	5	7	13	14	13	5	3	5	9	14	17	15	13	10	8,75
	HR(%)	90%	88%	86%	77%	73%	71%	75%	79%	87%	86%	81%	77%	68%	75%	81%	83%	79,81%
	RR(mm)	0,9	1,4	1,5	1,5	0,5	1,4	0,5	1,1	0,9	0,7	0,9	0,4	0,4	0,8	0,6	0,7	0,89
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	2	3	3	4	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2,31
Segunda semana 5	Día	jueves 07							domingo 10							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	6	7	10	14	19	16	13	9	5	7	9	14	19	16	10	8	11,38
	HR(%)	91%	89%	86%	79%	72%	87%	93%	89%	88%	89%	85%	71%	68%	81%	91%	92%	84,44%
	RR(mm)	1	1,9	1,9	1,8	2,1	2	1,3	1,1	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	1,3	1,3	1,1	1,28
	Velocidad del viento(m/s)	2	2	3	2	2	3	4	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2,50
Tercera semana 5	Día	lunes 11							jueves 14							Promedio		
	Hora	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
	T(°C)	3	5	9	14	19	18	13	9	4	5	10	16	20	17	13	8	11,44
	HR(%)	90%	88%	86%	73%	67%	69%	73%	77%	88%	86%	85%	71%	65%	68%	75%	79%	77,50%
	RR(mm)	1,7	1,2	0,9	0	0	0	0	0,8	0,6	0	0	0	0	0	0	0,9	0,38
	Velocidad del viento(m/s)	1	2	3	1	2	2	3	2	3	4	2	2	2	2	3	2	2,25

Anexo 8. Encuesta aplicada.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

OBJETIVO:

Determinar el grado de impacto paisajístico de tres prototipos captanieblas y el interés de la población alrededor de la temática de captación de agua por medio de sistemas alternativos.

Nº de encuesta: -----

Datos generales:

Fecha		Encuestador/es	
Provincia		Parroquia	
Cantón		Sector (barrio/comunidad)	

Datos del Informante:

Nombre y Apellido							
Género	M		F		Edad		
Nivel de educación	NING		PRIM		SECU		SUP

1. ¿Usted ha escuchado sobre los captanieblas o atrapanieblas?

Sí

No

2. Si su respuesta fue Sí. ¿Usted conoce para qué sirven?

Sí

No

3. Si su respuesta fue sí. ¿Qué tipos de captanieblas conoce?

.....

4. ¿Conoce usted estos captanieblas? (Imágenes adjuntas)

Sí

No

CAPTANIEBLAS		
PANTALLA	PRISMA RECTANGULAR	ÁRBOL
		

5. En la siguiente tabla evalúe cada categoría con valores de 0 a 5, siendo 0 la ausencia de un impacto y 5 representa un alto impacto al paisaje.

Variable	Prototipo		
	Pantalla	Prisma rectangular	Árbol
¿Cuán alto es el bloqueo visual que genera el prototipo?			
¿Cuán alta es la perturbación visual que produce la presencia del prototipo?			
¿Qué tan incompatible es el prototipo con el paisaje propio del páramo?			
¿Qué tan artificial o poco natural se ve el prototipo?			
¿Cuánto afecta la presencia del prototipo a las especies propias de la zona?			
¿Qué tanto modifica la estética del ambiente la presencia del prototipo?			
Total			

6. ¿Cuál preferiría usted y por qué?

.....

7. ¿Qué mejoraría usted en los captanieblas propuestas para reducir o eliminar el impacto visual?

.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo 9. Fotografías aplicando la encuesta



Anexo10. Clasificación climática por su humedad relativa

Tabla 1. Clasificación climática (% porcentaje).
Table 1. Climatic classification (% percentage).

Tipo de clima	Índice de humedad (%)
A Perhúmedo	> 100
B4 Húmedo	80 a 100
B3 Húmedo	60 a 80
B2 Húmedo	40 a 60
B1 Húmedo	20 a 40
C2 Húmedo subhúmedo	0 a 20
C1 Seco subhúmedo	-20 a 0
D Semiárido	-40 a -20
E Árido	-60 a -40

Fuente. Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, Ruiz, A. 2012.

Anexo 11. Escala de Beaufort

FUERZA	Escala de Beaufort			
	Veloc. del Viento Nudos	Km/h	Denominación	Características Visuales <small>(en tierra)</small>
0	<1	<2	Calma	Humo vertical Anemómetro no gira
1	1 a 3	2 a 5	Brisa Suave o Ventolina	El humo se desvía Velelas se mueven
2	4 a 6	6 a 11	Brisa o Flojito	Se siente en la cara Banderas se levantan
3	7 a 10	12 a 19	Viento leve o flojo	Se mueven las hojas Banderas flamean
4	11 a 16	20 a 28	Moderado o bonancible	Se levanta polvo Banderas se agitan
5	17 a 21	29 a 38	Regular o fresco	Vuela la arena Se agitan las ramas
6	22 a 27	39 a 49	Fuerte o fresco	Silba la jercia Se mueven ramas gruesas
7	28 a 33	50 a 60	Muy fuerte o frescachón	Se mueven árboles grandes Molesta caminar en contra
8	34 a 40	61 a 74	Viento duro	Desgaja árboles Muy difícil caminar y respirar
9	41 a 47	75 a 88	Temporal	Arrastra objetos Imposible caminar
10	48 a 55	89 a 102	Muy duro	Daños y consecuencias variadas
11	56 a 63	103 a 117	Borrasca o tempestad	Daños y consecuencias variadas
12	+ de 64	+ de 118	Huracán	Daños y consecuencias variadas

Fuente. Ramos, (2004). Utilización de la escala beaufort en la determinación del potencial eólico.

Anexo 12. Retención porcentual de viento y resistencia de la malla rachel

Retención Porcentual de Vientos y Resistencia

% Sombra de la Tela	% Retención de Viento	Resistencia [Kgf/cm]
35%	22%	2.5
50%	45%	4.0
65%	80%	5.3
80%	91%	6.5

Fuente. POLYTEX, Malla Rachel: Características Comerciales (2018)

Anexo 13. Tabla para la recolección del agua captada por captaniebla.

CAPTANIEBLA	
FECHA	
HORA	
VALOR	

CAPTA NIEBLAS

MATERIALES DE DISEÑO

CAMACÁS PAREDES YESENIA ALEXANDRA
yesenia_camacas@hotmail.com
ROSERO CUASPA ÁNGEL ARTURO
acesoriasangelrosero@gamil.com



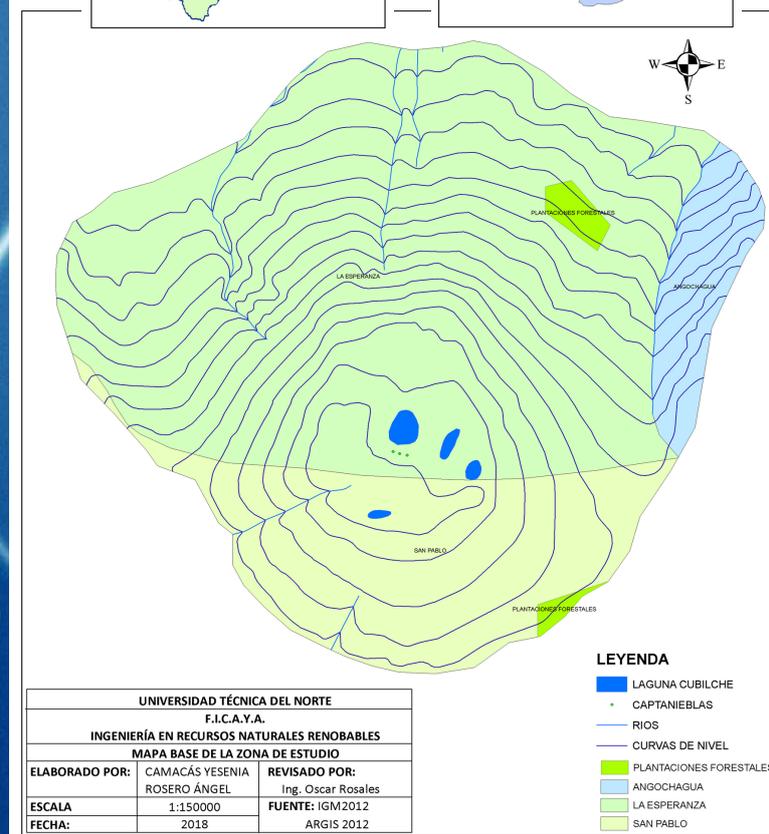
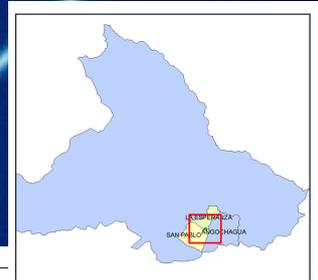
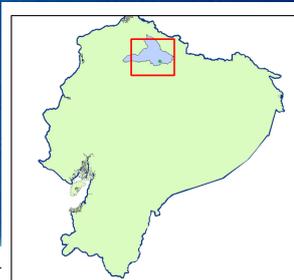


CUBILCHE



♦ PARROQUIA RURAL ♦ ANGOCHAGUA

El Cubilche, se encuentra ubicado en el páramo de la comunidad de Paniquinrra, en la parroquia de La Esperanza, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Es una meseta que se eleva desde los 3.400 msnm hasta los 3.840 msnm, alberga dos lagunas permanentes y dos de invierno o charcas estacionales, la más grande se ubica en un cráter con un diámetro de 30 metros, es una laguna perenne que varía su nivel de agua de acuerdo con el ciclo estacional (seco y húmedo), los tres sistemas lacustres restantes son lagunas estacionales que tienden a disminuir su nivel de agua e incluso llegan a secarse cuando llega la época de estiaje.

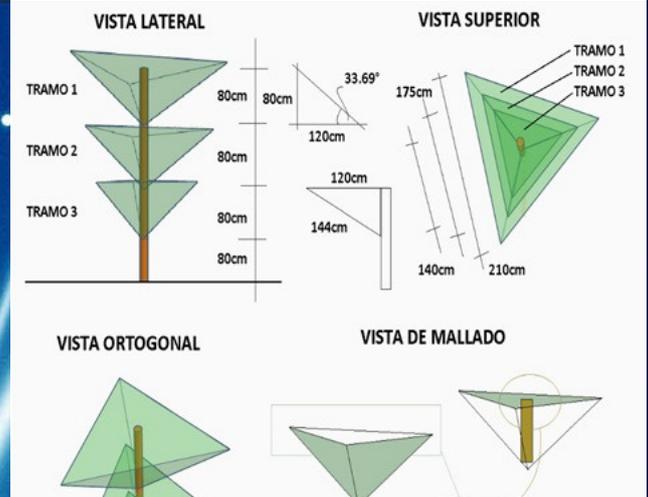


- LEYENDA**
- LAGUNA CUBILCHE
 - CAPTANIEBLAS
 - RIOS
 - CURVAS DE NIVEL
 - PLANTACIONES FORESTALES
 - ANGOCHAGUA
 - LA ESPERANZA
 - SAN PABLO

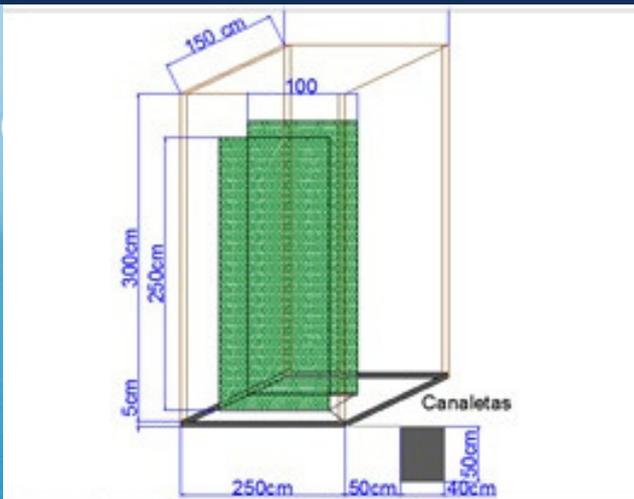
CAPTANIEBLAS

Los captanieblas son una de las alternativas para la recolección de agua, consisten en colocar un obstáculo (malla) que permita formar una barrera para condensar las microgotas de neblina para recolectarla posteriormente en agua líquida (Pascual, 2011)

Atrapanieblas "árbol"



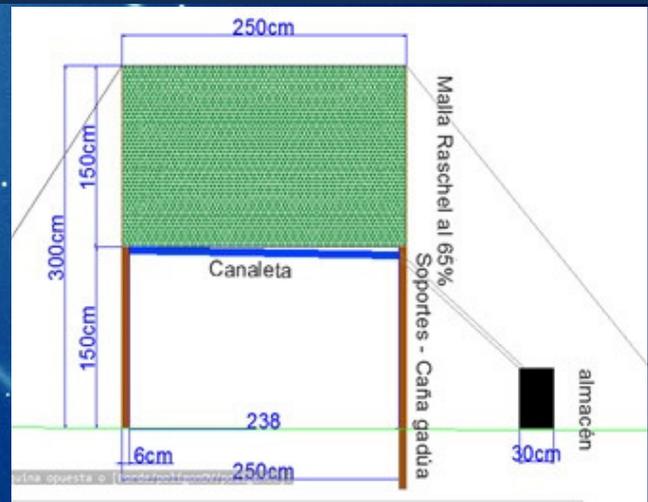
Para la propuesta de la presente investigación, se tomó en cuenta los antecedentes de recolección de agua primitiva, resaltando la cultura Canaria con los aborígenes adorando al árbol sagrado garaoé, del cual cosechaban el agua que escurría de sus ramas y tronco, fruto de su gran altura en donde alberga una densa neblina en su copa (Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2017). El sistema implementado tuvo un área total de diseño de seis metros cuadrados, con un rendimiento diario de 17.9 litros.



Atrapanieblas Prismático

Los captanieblas de forma prismática, han ido ganando espacio en la industria de cosecha de agua en zonas donde la presencia de neblina no se ve obstaculizada por elevaciones naturales o artificiales, lo que permite una mayor captación en área de agua niebla y estos sistemas resulten idóneos (Arnau, 2012). El sistema implementado tuvo un área total de diseño de nueve metros cuadrados, con un rendimiento diario de 21.4 litros.

Atrapanieblas Bidimensional



Estos sistemas consisten en una malla recolectora de polipropileno en forma rectangular, dos soportes en los extremos de la malla (ubicados en posición perpendicular a la dirección del viento) y con una canaleta en la parte inferior para recolectar el agua condensada en la malla por acción de la gravedad. Adicional mente consta de un recipiente de almacenamiento desde el cual se canaliza el agua hasta el punto de consumo (Pascual, 2011).

Referencias

- Aránguiz, G., Morales, F., Nieto, J., & Silva, G., (2009). Diseño generativo. Aplicación en sistemas de atrapanieblas en el norte de Chile. P. 74 – 83
- Arnau, X. (2012, 18 de enero). “Exprimidores” de nubes en Canarias. Yorokubo. Recuperado de: <https://www.yorokobu.es/%E2%80%98de-nubes-en-canarias/>
- Bello, R., Arias-Schreiber, M., y Sánchez, R. (1998). Distribución y abundancia relativa de cetáceos durante el crucero de BIC Humboldt 9709-10, de Matarani a Paíta.
- Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia. (2017). Sobre el Garaaoé. Recuperado de: <http://fundacionorotava.org/canariassigloxviii/islas/el-hierro/sobre-el-garoe/>
- Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI). (2017). Hidrológico 2014-2017(Estaciones Automáticas).Publicaciones Hidrológicas. Recuperado de Reposito digital Ah2014-2017-EHA.
- Pascual, J., Naranjo, M., Payano, R., y Medrano, O. (2011). Tecnología para la recolección de agua de niebla. ResearchGate, 2(2), 4-11. Doi: 10.13140/RG.2.1.4806.7048
- Paspuel, L., y Katherine, J. (2015). Creación de la Ruta Turística de los Lagos de la Provincia de Imbabura. Recuperado de <http://www.dspace.cordillera.edu.ec/xmlui/handle/123456789/351>
- POLYTEX, (2018). Malla Rachel: Características Comerciales. Recuperado de <https://studylib.es/doc/6743999/malla-raschel>.
- Rea, V. (2012). Uso de la caña guadua como material de construcción: evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales.España. Universidad Politécnica de Madrid.2012, Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado.
- Ruiz, A. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y ciencia [online]. 2012, vol.28, n.1, pp.1-14. ISSN 0186-2979.



Selección de los materiales

Humedad relativa

La zona de estudio presenta una humedad relativa promedio con valores que van desde 80,12% hasta 82,50% de acuerdo a los datos obtenidos en campo en los meses de investigación (febrero-junio) y valores que van desde 79,98% hasta 83,73% de acuerdo a los datos extrapolados del historial de las 3 estaciones más cercanas a la zona de estudio del INAMHI (1999-2015). Con lo cual se puede establecer de acuerdo a la clasificación de climas en función de su humedad relativa propuestos por Thornthwaite que la zona posee un clima tipo B4 húmedo lo cual nos indica que el área posee una alta humedad relativa (Ruiz, A. 2012).

Caña Guadua

Este noble material es altamente resistente en zonas húmedas, por su alta capacidad de absorción de humedad relativa del ambiente, evitando la aparición de hongos de forma temprana así como de podredumbre en ellos para poder incrementar la vida útil del prototipo, dichos valores superan el 20% de su masa (Rea, V. 2012), aspecto que la hace idónea a ser utilizada para la construcción del sistema de soporte por la alta presencia de humedad relativa en la zona de estudio.

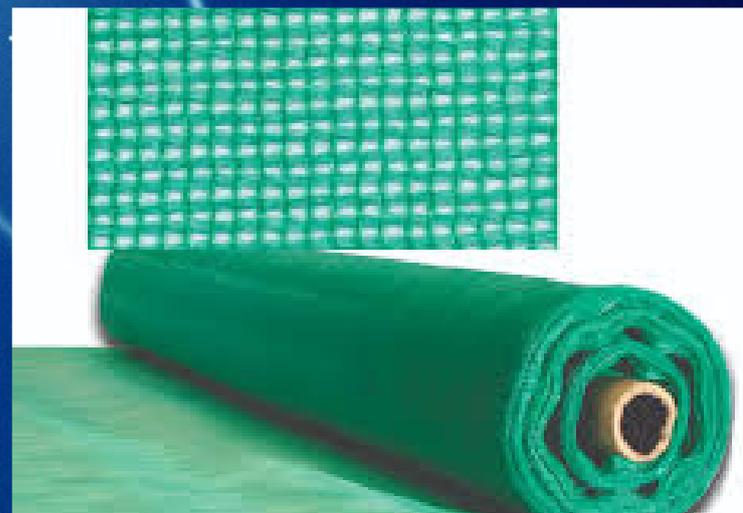


Velocidad del Viento

La zona de estudio presenta un viento accedente en dirección sur-oeste desde la parte baja de la laguna mayor hasta la parte superior de la misma, con una velocidad promedio de 2,54 m/s y de 6 m/s como valor máximo de velocidad registrado equivalente a 21,6 km/h, propios de un viento de tipo moderado de acuerdo a la escala Beauford (Bello, 1998).

Malla raschel 65%

La malla utilizada presenta un tramado del 65%, con un gramaje de 69 g/m² (LITEC, 2017), adicionalmente posee una retención de viento del 80% y una resistencia al mismo de 5,3 kgf/cm², (POLYTEX, 2018), características que le permiten resistir a las condiciones de la zona de Cubilche que posee una velocidad viento moderado.



Selección de los materiales

Velocidad del viento y humedad relativa

Como se mencionó anteriormente la zona del Cubilche presenta una alta humedad relativa, superior al 80% y velocidad del viento que llega a supera los 20 km/h en horas de la madrugada y la tarde.

Sistema de anclaje designado

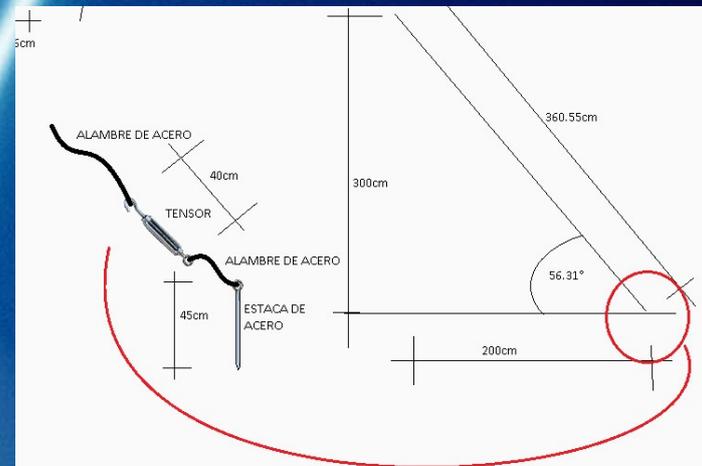
Se estableció los siguientes materiales que permitieron tener una mejor sujeción al suelo y estabilidad, por otro lado, disminuir la corrosión de los mismos al ser de acero y evitar la formación de oxido.

Estacas metálicas (2,5 m x 5x5cm ancho)

Tensores de alambre de acero

Alambres de acero

Ojos de buey



Precipitación y temperatura

La zona de estudio presenta una precipitación anual de 524mm y un valor de temperatura máxima registrado de 26 °C de acuerdo a los datos extrapolados del historial de las 3 estaciones más cercanas a la zona de estudio del INAMHI (1999-2015). Mismos que fueron corroborados por los investigadores con los datos tomados en campo

Sistema de almacenamiento establecido

La zona presenta un alto índice de temperatura en horas del medio día por lo cual se requiere que el almacenamiento este oculto en el suelo o en la superficie para su protección de la radiación, a fin de evitar la evaporación, adicionalmente la zona del Cubilche presenta importantes precipitaciones por lo cual se disminuirá en gran medida la captación de agua lluvia para fines del registro de captación propios de cada prototipo y finalmente se usara una canaleta la cual cumple la función de recolectar el agua obtenida por la malla.

