

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR ROCÍO Y  
NIEBLA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DEL  
BARRIO LA ESPERANZA, LOCALIDAD DE CHAPINERO**

**CONY GIZELL CABEZA GARCIA  
YUDY KATHERINE CASTILLO VARGAS**



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2016**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR ROCÍO Y  
NIEBLA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DEL  
BARRIO LA ESPERANZA, LOCALIDAD DE CHAPINERO**

**CONY GIZELL CABEZA GARCIA  
YUDY KATHERINE CASTILLO VARGAS**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERIO CIVIL**

**Ing. Héctor Fabio Arcila Torres  
Asesor disciplinar**

**Lic. Roy Morales Pérez  
Asesor metodológico**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia la Universidad La Gran Colombia, a la comunidad del barrio la esperanza, a la señorita Carolina Castillo y el Ing. Julio Cesar Latorre, quienes con su ayuda desinteresada nos brindaron información relevante, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades. A nuestras familias por brindarnos su apoyo moral y económico.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
2 ANTECEDENTES .....	13
3 JUSTIFICACIÓN .....	22
4 OBJETIVOS .....	23
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
5 MARCO REFERENCIAL.....	24
5.1 MARCO CONCEPTUAL .....	24
5.2 MARCO LEGAL.....	34
5.3 MARCO GEOGRÁFICO.....	35
5.3.1 Localización.....	35
5.3.2 Características generales .....	39
6 METODOLOGÍA.....	40
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	40
6.2 FASES DE INVESTIGACIÓN .....	40
6.2.1 Fase I Evaluar la cantidad de agua atmosférica presentada en la zona de estudio. 40	
6.2.2 Fase II Determinar la eficiencia de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla mediante mallas de polipropileno y Raschel.....	41
6.2.3 Fase III Diseñar una estructura que permita la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla en la zona de estudio. ....	41
6.3 VARIABLES .....	42
6.4 MATERIALES Y MÉTODOS .....	42
7 ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	43
7.1 FASE I.....	43
7.1.1 Precipitación.....	43
7.1.2 Temperatura.....	43
7.1.3 Temperatura media.....	44

7.1.4	Humedad relativa .....	45
7.1.5	Viento .....	46
7.1.6	Punto de rocío.....	47
7.1.7	Balance hidrológico.....	50
7.2	FASE II.....	52
7.3	FASE III.....	58
8	CONCLUSIONES.....	64
9	RECOMENDACIONES .....	66
10	BIBLIOGRAFIA.....	67
11	ANEXOS.....	71
11.1	ANEXO 2. Registró fotográfico reconocimiento de la zona de estudio. ....	71
11.2	ANEXO 1. Registro fotográfico construcción neblinómetros.....	73
11.3	ANEXO 2. Recolección de niebla diaria.....	76
11.4	ANEXO 3. Datos meteorológicos diarios. ....	78
11.5	ANEXO 4. Dotación población .....	83

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diseño sistema colector de niebla .....	15
Figura 2: Características mallas en aluminet.....	17
Figura 3: Armadura de la malla aluminet interior y exterior.....	18
Figura 4: Ruptura de malla colector Peña Blanca-Chile.....	19
Figura 5: Colapso estructura colector Peña Blanca-Chile.....	20
Figura 6: Malla de polipropileno utilizada en las pruebas.....	20
Figura 7: Neblinómetro simple similar a los colectores.....	27
Figura 8: Dimensiones neblinómetro simple.....	28
Figura 9: Modelo e instalación malla atrapa nieblas. ....	30
Figura 10: Ubicación Geográfica Localidad de Chapinero, clasificación UPZ. ....	37
Figura 11: UPZ 89- San Isidro Patios .....	38
Figura 12: Barrio La Esperanza.....	38
Figura 13: Ubicación Neblinómetros.....	52
Figura 14: Proceso de instalación Neblinómetros .....	53
Figura 15: Proceso de instalación Neblinómetros .....	54
Figura 16: Neblinómetro altura 3165 m.s.n.m. ....	55
Figura 17: Neblinómetro altura 3175 m.s.n.m. ....	55
Figura 18: Neblinómetro altura 3181 m.s.n.m. ....	56
Figura 19: Modelo sistema de captación vista en planta.....	60
Figura 20: Modelo sistema de captación, vista lateral. ....	61
Figura 21: Modelo sistema de captación vista isométrica. ....	62

## LISTA DE GRÁFICAS

Grafica 1: Tasa de niebla recogida (l/d) en países que implementan la tecnología.....	16
Grafica 2: Recolección de niebla promedio para colector con malla aluminet de diferentes coeficientes de sombra. ....	18
Gráfica 3: Perfil Vertical presión atmosférica.....	25
Gráfica 4: Relación humedad relativa, temperatura y punto de rocío. ....	29
Gráfica 5: Precipitación mensual año 2015-2016. ....	43
Grafica 6: Variación temperatura mínima vs máxima año 2015-2016. ....	44
Grafica 7: Temperatura media año 2015-2016. ....	45
Gráfica 8: Variación humedad relativa año 2015-2016.....	46
Gráfica 9: Variación de la velocidad del viento año 2015-2016.....	46
Gráfica 10: Variación punto de rocío año 2015-2016.....	49
Gráfica 11: Cantidad de agua recolectada mes de febrero.....	57
Gráfica 12: Cantidad de agua recolectada mes de Marzo. ....	58

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Normatividad aplicable.....	34
Tabla 2: N° de Barrios que conforman la UPZ.....	39
Tabla 3: Características urbanísticas UPZ.....	39
Tabla 4: Tipología UPZ San Isidro Patios.....	39
Tabla 5: Punto de rocío año 2015-2016.....	49
Tabla 6: Calculo del balance hídrico año 2015-2016.....	51
Tabla 7: Características neblinómetros.....	52
Tabla 8: Recolección de datos semanal.....	56
Tabla 9. Presupuesto sistema de captación.....	63



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo hace referencia a la investigación de una alternativa de recolección de agua por medio de rocío y niebla, como solución al problema de desabastecimiento de agua que enfrenta la población del barrio La Esperanza, perteneciente a la localidad de Chapinero de la ciudad de Bogotá – Colombia.

Esta población pertenece a la UPZ 89 San Isidro Patios y actualmente no tienen acceso al servicio de agua potable que suministra ACUALCOS E.S.P. (acueducto comunitario que abastece parte de la UPZ 89) y la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, debido a su ubicación por encima de la cota de servicio de los dos sistemas. Esto ha generado que la comunidad se vea obligada a implementar redes artesanales para el abastecimiento de agua, hoy por hoy cuentan con un sistema que está construido por medio de pozos artesanales que sirven de tanques de recolección del líquido, los cuales son conectados por medio de mangueras desde el nacedero de agua conocido como Las Moyas (fuente hídrica), ubicado en los cerros orientales. El agua es conducida a cada pozo y posteriormente al tanque principal donde es tratada y distribuida mediante mangueras a las viviendas (sistema que funciona por gravedad).

Con el fin de suplir esta necesidad la investigación se realizó con el interés de implementar el diseño de una estructura que permita la mayor captación de agua por rocío y niebla a través de dos tipos de mallas evaluadas durante la investigación, las cuales permitirán atrapar la niebla y condensarla para posteriormente conducir el líquido al tanque de almacenamiento existente y de allí dirigir el agua por el sistema que actualmente utiliza la comunidad. Por otra parte, establecer la eficiencia de las mallas tipo rashel y polipropileno (las cuales fueron evaluadas en los meses de febrero y marzo del 2016), por medio de neblinómetros ubicados a diferentes alturas en la reserva forestal de los cerros orientales.

El enfoque de la investigación fue de tipo cuantitativo debido a que se evaluaron diferentes variables como; el estudio meteorológico de la zona que comprendió factores como la precipitación, temperatura, punto de rocío, velocidad del viento, humedad relativa, niebla y rocío. Para la evaluación de las variables se tomaron los datos del IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales), los cuales permitieron el análisis de los datos diarios en un periodo determinado (enero de 2015 hasta marzo de 2016), con el análisis de estos datos se pudo determinar el balance hidrológico y el punto de rocío presente en la zona de estudio.

Para evaluar el rocío y niebla se dispuso de seis neblinómetros que fueron ubicados a tres diferentes alturas y hacia la dirección predominante del viento sobre los cerros orientales, se instalaron dos neblinómetros por cada altura, un neblinómetro con malla de polipropileno y uno con malla tipo Raschel (polietileno). Para poder comparar la eficiencia de las mallas, los datos fueron recolectados semanalmente durante el primer mes de estudio y diarios durante el segundo mes de estudio, los resultados obtenidos fueron tabulados y graficados para analizar el comportamiento del material.

Una vez se determinó el material más óptimo se procedió al diseño de una estructura que permitirá la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla.

Durante el desarrollo del proyecto se trabajó en conjunto con la comunidad del barrio La Esperanza que nos permitió conocer de manera directa la problemática presente en su comunidad, brindándonos información relevante para poder determinar la mejor alternativa de solución.

## 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La principal necesidad de la humanidad y así mismo su mayor preocupación es el abastecimiento de agua, puesto que con el crecimiento de la población y el desarrollo industrial, las fuentes del líquido están siendo expuestas a la desaparición y contaminación.

Colombia siendo una potencia hídrica no es un país ajeno al desabastecimiento de agua; actualmente el 28% de su población rural se enfrenta a una situación crítica por falta de sistemas de acueductos; en las zonas urbanas el 2.8% no cuenta con acceso a agua potable, Bogotá a pesar de ser la capital del país no provee del servicio de acueducto en todas sus localidades.<sup>1</sup>

En la ciudad de Bogotá existen 139 barrios que carecen de una red de acueducto, esto debido a los problemas de ilegalidad ya que están ubicados en asentamientos constituidos en reservas forestales y se encuentran por encima de la cota de servicio de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá; un ejemplo claro es la situación que vive la comunidad de la UPZ 89 San Isidro Patios (perteneciente a la localidad II de Chapinero), conformada por 6 barrios en proceso de legalización considerada prioritaria por el POT (Plan de Ordenamiento Territorial), involucrando asentamientos informales y en situación de riesgo. Parte de estos barrios se ubican en la zona de reserva forestal de los cerros orientales o zonas de alto riesgo no mitigable por remoción en masa. En este territorio se concentra la mayor problemática respecto a la tenencia, uso del suelo, y la sostenibilidad de la ciudad frente al crecimiento urbanístico no regulado.

En los barrios de la UPZ 89 San Isidro Patios, hubo la necesidad de obtener agua mediante alternativas como pozos, aljibes, fuentes naturales y acueductos

---

<sup>1</sup> AVILA, Jimenez Cristian. ¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia?: En zonas rurales, 3 millones de personas viven sin agua potable. En: El Tiempo. [En línea].24 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/agua-potable-en-colombia-/15445939>.

comunitarios, ejemplo de esto es la creación del Acueducto Comunitario ACUALCOS E.S.P. que abastece los sectores de San Luis, San Isidro, La Sureña, sectores poblados a lo largo de la vía a la Calera entre el Km. 4 y 5 y el acueducto comunitario ACUABOSQUES que abastece el sector conocido como Canteras, conformado por el barrio Bosques de Bellavista; sin embargo no es total la cobertura de estos acueductos; adicionalmente en época de verano, comprendido generalmente entre los meses de diciembre y marzo, las fuentes de abastecimiento de estos acueductos quedan por debajo del nivel de agua diseñados para las obras de captación, por lo que el sector entra en racionamiento y las personas acuden a estas fuentes alternas, a pesar de poseer conexión con el acueducto.

En el barrio conocido como La Esperanza no tienen acceso al servicio de agua que suministra ACUALCOS E.S.P. y la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, debido a su ubicación por encima de la cota de servicio; esto ha generado la implementación de una red artesanal para el abastecimiento de agua, construyendo pozos artesanales y tomando como fuente hídrica un nacedero de agua conocido como Las Moyas ubicado en los cerros orientales. El agua llega a un tanque principal y se distribuye mediante mangueras a las viviendas (sistema que funciona por gravedad).

Siendo el agua un derecho de todo ser humano, el proyecto será enfocado a la comunidad del barrio La Esperanza permitiendo brindar una solución a su desabastecimiento, mediante el diseño de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla, que sea ambientalmente sostenible para mantener el equilibrio de los recursos encontrados en esta zona.

¿Cuál es la eficiencia de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla, mediante mallas de polipropileno y Raschel, para el abastecimiento a la comunidad del barrio La Esperanza localidad de Chapinero?

## 2 ANTECEDENTES

Con los impactos del cambio climático y la inminente crisis de agua potable, se han desarrollado investigaciones con el fin de obtener nuevas fuentes sostenibles de agua, permitiendo la optimización y conservación de los recursos naturales, una de esas fuentes potenciales es la recolección de agua por medio de rocío y niebla las cuales dependen de las condiciones atmosféricas y topográficas de la zona de estudio, cuantificando la recolección del líquido mediante modelos matemáticos.

Para lograr este modelo matemático la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA) incorporó nuevas variables para el cálculo del punto de rocío añadiendo diferentes parámetros climáticos en la formación de la niebla, esta variable busca la diferencia entre la temperatura y el punto de rocío calculada como FPI (Índice potencial de niebla), la cual se puede calcular por medio de la temperatura de bulbo seco del aire y la humedad relativa de la zona, en un intervalo de tiempo, multiplicando cada pasó del tiempo por el factor de humedad, el factor de velocidad y el área del colector del agua determinada.

$$F_w = x F_c (FPI) \times f(H) \times f(W) \times A_c \quad (2.1)$$

En donde:

$F_w$ : Volumen esperado de agua de niebla

$F_c$ : Niebla de recolección, depende del coeficiente del material para atrapar la niebla

FPI: Índice potencial de niebla es la diferencia entre el rocío y la temperatura del aire.

$f(H)$ : Función de la humedad

$f(W)$ : Velocidad del viento.

$A_c$ : Área de niebla

De este estudio la NOAA pudo determinar que la velocidad del viento genera impactos en el colector de agua, resulta que a menor velocidad del viento aumenta la formación de niebla; por el contrario a mayor velocidad del viento la formación de niebla disminuye debido a la perturbación que se genera en su proceso de formación.

Este modelo fue estudiado por la NOAA usando como zona de estudio para la recolección de agua de niebla datos experimentales de la región de Asir de Arabia Saudita, el modelo desarrollado se puede generalizar de acuerdo con la altitud de la zona, esta variable puede contribuir en la cuantificación de agua de niebla. Se requieren varias mediciones por hora a diferentes altitudes para la incorporación del factor.<sup>2</sup>

Por otro lado se han realizado investigaciones a través de la vegetación presentada en las laderas y cumbres de las regiones montañosas en países de América Latina y Europa, donde se pudo determinar que los árboles de coníferas son buenos colectores de niebla y su eficacia depende de la altura, la estructura de la hoja y la intensidad de la intercepción de niebla varía dependiendo la velocidad del viento y la distribución de gotas de agua.

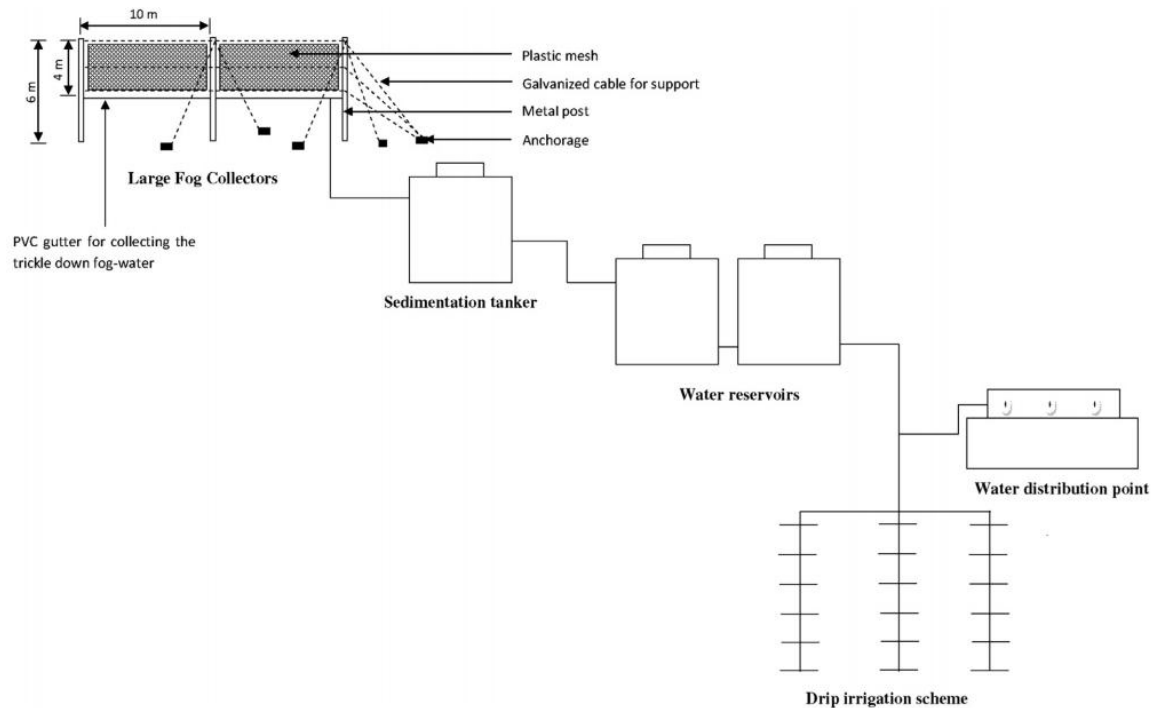
La captura de niebla se basa en la instalación de mallas de polietileno o polipropileno con un coeficiente de sombra de un 35 %, la malla es tejida con un patrón triangular y con una fibra plana aproximadamente de un 1 mm de ancho y 0.1 mm de espesor para tener un tamaño de poro aproximadamente de 10 mm; se identificó que 10 cintas de 1 mm de ancho atrapan más agua que una cinta de 10 mm, la anchura de la fibra tiene un efecto directo en la recogida de las gotas de niebla, estas mallas son ubicadas en la dirección predominante del viento, donde las gotas de agua son interceptadas cuando el aire pasa a través de ellas, estas

---

<sup>2</sup> IMTEAZ MONZUR, Alam ; AL- HASSAN , Ghassan ; SHANABLEH , Abdallah ; NASER , Jamal. Development of a mathematical model for the quantification of fog-collection resources. En: Conservation and Recycling [online], Diciembre 2011, no. 57. [citado el 15, Octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911001947>.

gotas se unen hasta formar una gota más grande para que pueda fluir en la malla y ser recolectada por tanques recolectores mediante gravedad y por último ser distribuidas para el uso doméstico.

Figura 1: Diseño sistema colector de niebla



Fuente: MUSSIE, Fessehaye.<sup>3</sup>

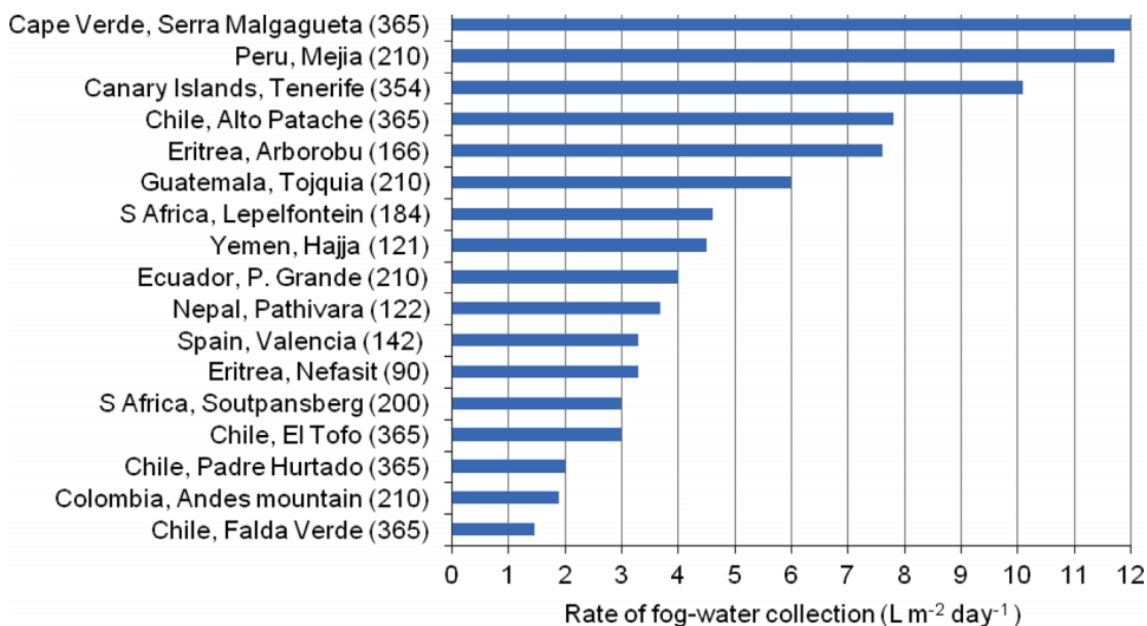
Se evaluarán diferentes factores para la ubicación del proyecto como información geográfica, altura sobre el nivel del mar, alivio y orientación de la pendiente y estudios de campo preliminar.

Durante los últimos años diferentes países han considerado esta fuente de agua no convencional y ha sido estudiada ampliamente para aliviar la escasez de agua en uso doméstico, evaluando las desventajas y ventajas de esta tecnología. Los

<sup>3</sup> MUSSIE FESSEHAYE, Sabah; ABDUL-WAHAB, Michael; SAVAGE, Thomas Kohler y TSEGGAI GHEREZGHIHER, Hans Hurni. Fog-water collection for community use. En: Renewable and sustainable energy reviews [online], Junio 2014, no. 29. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006035>.

países que han implementado este sistema son países que están en proceso de desarrollo y no pueden generar un sistema de abastecimiento convencional.

Grafica 1: Tasa de niebla recogida (l/d) en países que implementan la tecnología.



Fuente: MUSSIE, Fessehaye.<sup>4</sup>

La cantidad de niebla presentada en las diferentes zonas no puede suplir a la población durante todo el año, en este caso se deberá ampliar la capacidad de almacenamiento o implementar nuevas estrategias de recolección.<sup>5</sup>

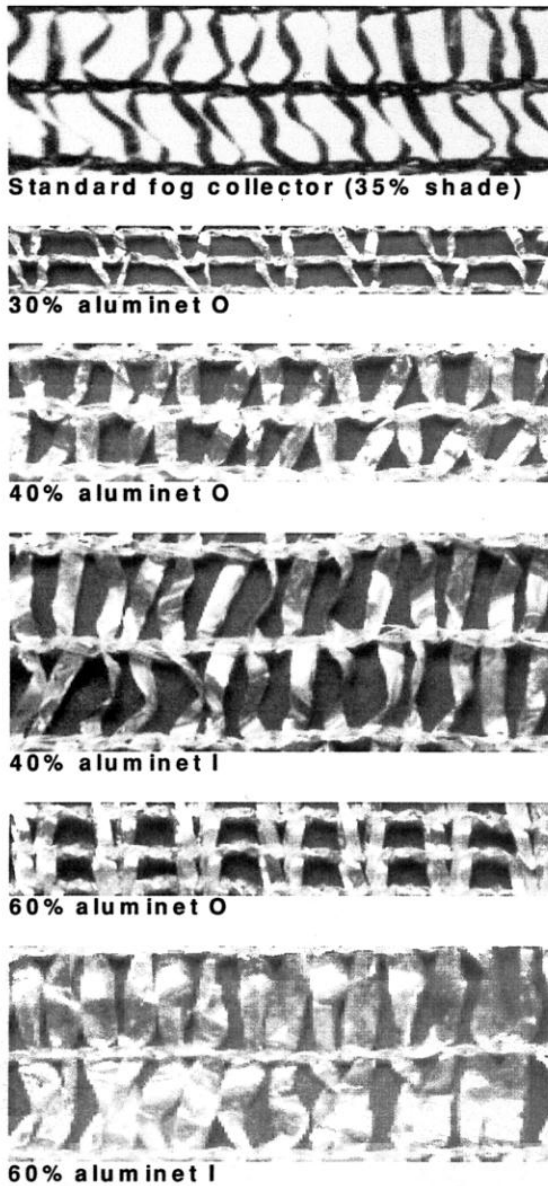
En la búsqueda de materiales que permitan un mayor resultado en los colectores de agua se ha puesto a prueba el uso de mallas de sombreado de efecto invernadero en la colección de la niebla; con base en esto se realizó una investigación para la viabilidad con el uso de polímeros en mallas recolectoras, donde se determinó que el tejido y el porcentaje adecuado de la sombra de la malla permitirán al usuario seleccionar el que más se acondicione a la zona de estudio en donde se emplee el colector.

<sup>4</sup> Ibíd., p. 59.

<sup>5</sup> Ibíd., p. 52



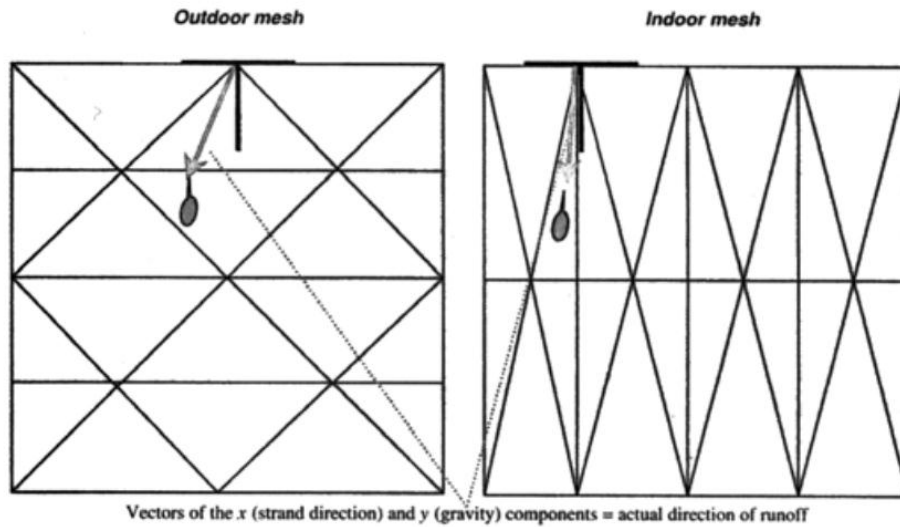
Figura 2: Características mallas en aluminet.



Fuente: SHANYENGANA, Sanderson.<sup>6</sup>

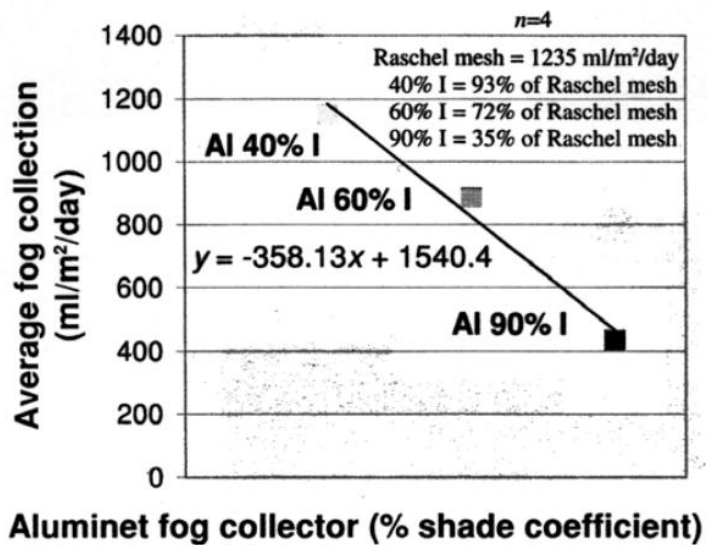
<sup>6</sup> SHANYENGANA, Sanderson; SEELY, Schemenauer. Testing greenhouse shade nets in collection of fog for water. En: Research and technology –AQUA [online], Mayo 2003, no. 52. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://aqua.iwaponline.com/content/52/3/237>.

Figura 3: Armadura de la malla aluminet interior y exterior.



Fuente: SHANYENGANA, Sanderson.<sup>7</sup>

Grafica 2: Recolección de niebla promedio para colector con malla aluminet de diferentes coeficientes de sombra.



Fuente: SHANYENGANA, Sanderson.<sup>8</sup>

Entre esos tejidos se determinó que para un coeficiente de sombra entre el 40 % y 35% de Aluminet (metal recubierto), el polipropileno es más eficiente en áreas en

<sup>7</sup> Ibid., p.239.

<sup>8</sup> Ibid., p.240.

donde la disposición de niebla es de baja elevación; por lo tanto la contribución del rocío es de mayor volumen al de uso de mallas de mayor porcentaje y en áreas de alta elevación se determinó que el porcentaje de Aluminet más óptimo se encuentra entre el 60% y 90%.<sup>9</sup> (Ver grafica 2)

En la actualidad el diseño más utilizado para los sistemas de recolección son las pantallas planas grandes pero éstos se ven afectados por cargas de viento extremas, ocasionando colapso de la estructura y ruptura de la malla como se puede observar en la figura 4 y 5.

Figura 4: Ruptura de malla colector Peña Blanca-Chile.



Fuente: RIVERA, Juan de Dios.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 237.

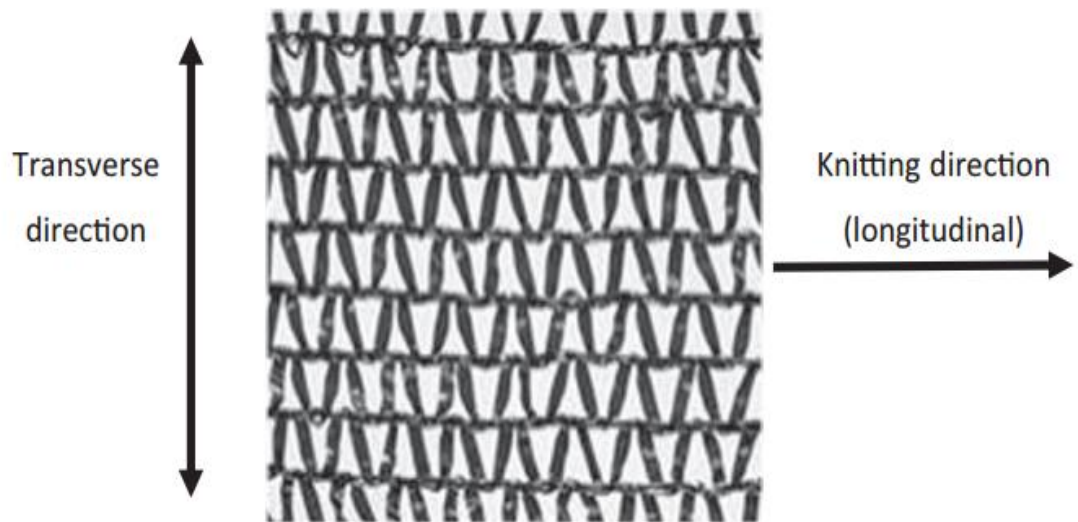
<sup>10</sup> RIVERA, Juan de Dios; GARCIA , Diego. Mechanical characteristics of Raschel mesh and their application to the design of large fog collectors. En: Atmospheric Research [online], Junio 2015, no. 151. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809514002567>.

Figura 5: Colapso estructura colector Peña Blanca-Chile.



Fuente: RIVERA, Juan de Dios.<sup>11</sup>

Figura 6: Malla de polipropileno utilizada en las pruebas.



Fuente: RIVERA, Juan de Dios.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p. 251.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 250.

Para la implementación de los sistemas recolectores se debe realizar un diseño estructural teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de la malla debido a que el viento genera presiones sobre el tejido y ésta a su vez impone fuerzas sobre la estructura de soporte que luego son transferidas a los cimientos. De acuerdo con ensayos de tracción realizados a la malla de polipropileno se determinó que el material presenta mayor flexibilidad y puede soportar mayores presiones; el material tiene un comportamiento lineal en la dirección longitudinal, lo que es típico en materiales elásticos, propiedad deseada en materiales estructurales debido a que presenta deformación pero vuelve a su estado inicial. Es importante realizar un estudio detallado de la zona donde se implementará el sistema con el fin de determinar las características de diseño del colector.<sup>13</sup> (Ver figura 6)

---

<sup>13</sup> *Ibid.*, p.250.

### **3 JUSTIFICACIÓN**

En el desarrollo del proyecto, se busca mitigar el daño ecológico que se está presentado en la zona, por medio de la implementación de una tecnología sostenible de abastecimiento de agua, la cual consiste en una estructura que permita captar la mayor cantidad de niebla y rocío, para después ser conducida al tanque de distribución existente y evitar condiciones de vulnerabilidad para la población.

Por medio de neblinómetros se registraran los datos semanales para evaluar la cantidad de niebla y rocío presente en la zona, de acuerdo a los resultados obtenidos se definirá el diseño de la estructura a partir del material que presente mayor eficiencia (mallas de polipropileno y Raschel), como una alternativa que busca mejorar la calidad de vida de la comunidad del barrio La Esperanza.

En la actualidad el sistema de abastecimiento de agua de la comunidad, no tiene la capacidad suficiente para abastecer del líquido a la población, aumentado el riesgo de desabastecimiento en épocas de sequía, debido a que su fuente principal es un nacedero de agua conocido como Las Moyas, ubicado en los cerros orientales.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de recolección de agua por rocío y niebla para el abastecimiento de agua para la comunidad del barrio La Esperanza. Localidad de Chapinero.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Evaluar la cantidad de agua atmosférica presentada en la zona de estudio.
2. Determinar la eficiencia de un sistema de mallas de polipropileno y Raschel para la recolección de agua por rocío y niebla.
3. Diseñar de una estructura que permita la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla en la zona de estudio.

## 5 MARCO REFERENCIAL

### 5.1 MARCO CONCEPTUAL

**METEOROLOGÍA:** Es una ciencia encargada del estudio de la atmósfera y los fenómenos que en ella se puedan producir tales como: el viento, la temperatura, la humedad, la presión del aire, entre otros.

La meteorología estudia el tiempo atmosférico y el clima puesto que éste presenta un cambio continuo y varía a diferentes escalas temporales debido a que la tierra y la atmósfera forman un sistema dinámico en continua evolución.<sup>14</sup>

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA:** Es la fuerza que genera el aire que nos rodea sobre todos los cuerpos debido a la acción de la gravedad, cuya unidad de medida es el Pascal (1 Pascal = 1 N/m<sup>2</sup>).

La presión atmosférica depende de la altitud, entre más alto se sitúe un cuerpo en la atmósfera, la cantidad de aire y la presión ejercida sobre éste será mucho menor. Existen otras variables que pueden determinar la presión atmosférica como: la situación geográfica, la temperatura y la humedad.

El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión en función de la altitud, mostrando un decrecimiento exponencial.<sup>15</sup>

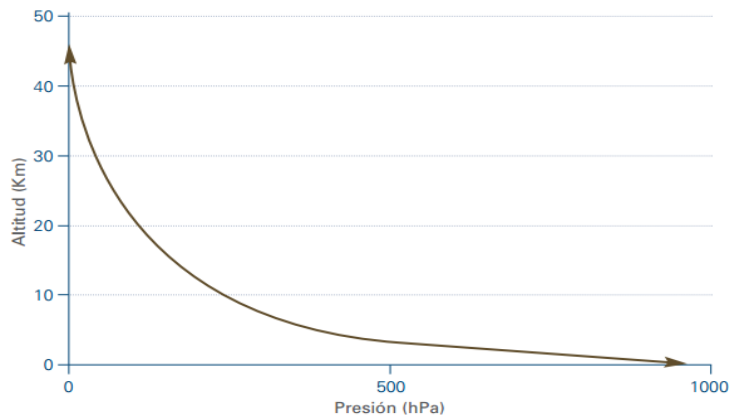
---

<sup>14</sup> ZUÑIGA LOPEZ, Ignacio; CRESPO DEL ARCO, Emilia [online].Meteorología y climatología. Universidad nacional de educación a distancia, 2000. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en : <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/reader.action?docID=10609046&ppg=1>

<sup>15</sup> RODRIGUEZ JIMENEZ, Rosa; CAPA, Benito y PORTELA LOZANO, Adelaida [online].Meteorología y climatología. España: Fundación española para la ciencia y la tecnología, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>.



Gráfica 3: Perfil Vertical presión atmosférica.



Fuente: RODRIGUEZ JIMENEZ, Rosa; CAPA, Benito y PORTELA LOZANO, Adelaida.<sup>16</sup>

**ROCÍO:** Es la condensación por enfriamiento directo del vapor de agua a causa de las bajas temperaturas que pueden presentarse en diferentes regiones formando gotas de agua muy pequeñas. Las gotas de agua se forman sobre objetos y cuerpos expuestos a la intemperie, principalmente sobre las hojas de las plantas puesto que en noches despejadas y sin viento estas adquieren por radiación temperaturas más bajas que el aire.<sup>17</sup>

**CONDENSACIÓN:** Es el proceso en el cual el agua pasa de estado gaseoso a líquido, este fenómeno se produce cuando el vapor de agua se encuentra sobresaturado es decir con una mayor presión y cuando este se enfría por las bajas temperaturas.

Existen dos tipos de condensación que son:

**CONDENSACIÓN HOMOGÉNEA:** Se presenta cuando varias moléculas sufren un choque simultáneo, estas moléculas quedan adheridas formando

---

<sup>16</sup> *Ibíd.*, p. 17.

<sup>17</sup> MADEREY RASCON, Laura [online]. Principios de hidrogeografía: Estudio del ciclo hidrológico. México: Instituto de geografía Universidad Autónoma de México, 2005. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=0S3XDWsDzSAC&printsec=frontcover&dq=Principios+de+Hidrogeografia.+Estudio+Del+Ciclo+Hidrologico&h>.

pequeñas gotas o cristales de hielo. Este fenómeno se presenta pocas veces debido a que se requieren niveles muy altos de sobresaturación.

**CONDENSACIÓN HETEROGÉNEA:** Se presenta cuando las gotas de agua se forman sobre partículas llamadas núcleos de condensación, estos deberán ser solubles en el agua para que se pueda producir la condensación sin presentar altos niveles de sobresaturación.<sup>18</sup>

**NIEBLA:** Es un fenómeno atmosférico que se presenta como una nube con un espesor y densidad variables la cual se sitúa en la superficie de la tierra. La niebla se caracteriza por contener unos niveles de humedad relativa muy cercanos al 100%. Para que se produzca la niebla es necesario que el vapor de agua pase de estado gaseoso a líquido mediante el proceso físico llamado condensación.<sup>19</sup>

Dependiendo de las características y lugar donde se forman se pueden distinguir diferentes tipos de nieblas.

**NIEBLAS POR EVAPORACIÓN:** Son aquellas que alcanzan la saturación del aire, aumentando el contenido de vapor de agua y manteniendo la temperatura constante.

**NIEBLAS POR RADIACIÓN:** Este tipo de niebla se produce cuando la superficie de la tierra alcanza niveles muy bajos de temperatura debido a la pérdida nocturna de calor. Para que la niebla se forme por radiación es necesario que la noche este totalmente despejada, la pérdida de calor sea máxima, la velocidad del viento sea mínima y la humedad relativa esté por debajo del 90%.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> ZUÑIGA LOPEZ; CRESPO DEL ARCO. Op. Cit., p.97.

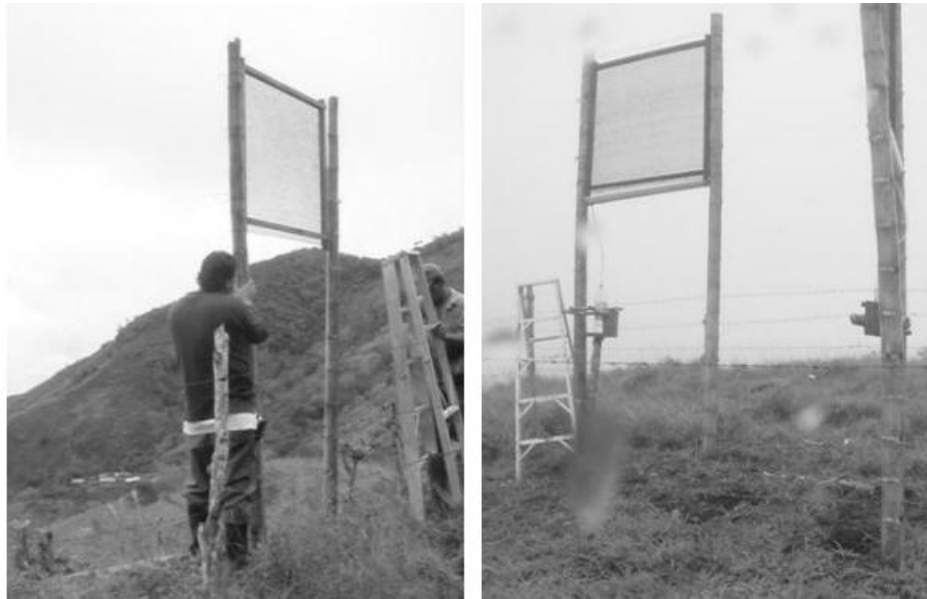
<sup>19</sup> ZUÑIGA LOPEZ; CRESPO DEL ARCO. Op. Cit., p.99.

<sup>20</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del rio Tunjuelo. Bogotá: Milenio editores e impresores, 2007.118p.

**NIEBLAS OROGRÁFICAS:** Se forman cuando el aire húmedo asciende por las laderas de las montañas alcanzado una saturación por enfriamiento adiabático, es decir el enfriamiento que se consigue mediante la evaporación del agua en el aire.<sup>21</sup>

**NEBLINÓMETROS:** La medición de la niebla se hace a partir de medidores de niebla (Neblinómetro) o parámetros asociados a la niebla (humedad relativa, punto de rocío y temperatura). Los neblinómetros son dispositivos que permiten medir directamente la cantidad de agua líquida existente en la niebla, existen neblinómetros simples elaborados con mallas semejantes a los captadores de niebla, con una dimensión de 1.00 m x 1.00 m a una altura del nivel del suelo de 2 m.<sup>22</sup>

Figura 7: Neblinómetro simple similar a los colectores.



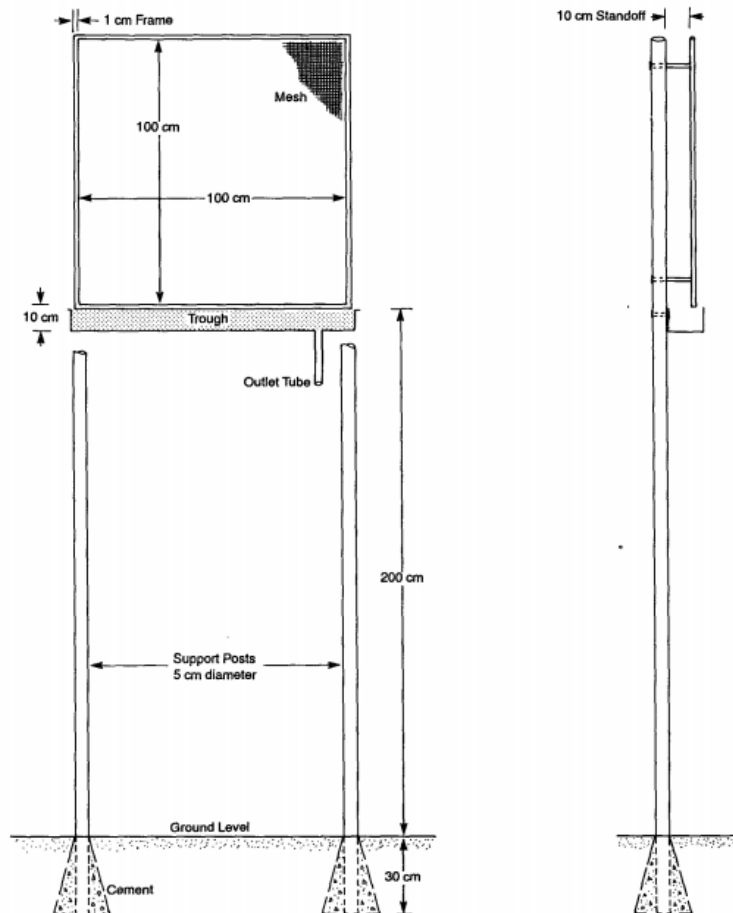
Fuente: SCHEMENEAU, Robert y CERECEDA, Pilar.<sup>23</sup>

<sup>21</sup> ZUÑIGA LOPEZ; CRESPO DEL ARCO. Op. Cit., p.96.

<sup>22</sup> SCHEMENEAU, Robert; CERECEDA, Pilar. A proposed standard fog collector for use high, Elevation regions. En: América meteorology society [online], Marzo 2010, no. 33. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450\(1994\)033%3C1313:APSFCE%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(1994)033%3C1313:APSFCE%3E2.0.CO;2).

<sup>23</sup> *Ibíd.*, p. 1314.

Figura 8: Dimensiones neblinómetro simple.



Fuente: SCHEMENEAU, Robert y CERECEDA, Pilar.<sup>24</sup>

## HUMEDAD RELATIVA

Es la cantidad de vapor de agua que se tiene respecto a la cantidad necesaria para llegar al punto de saturación expresada en porcentaje, un aire saturado tiene una humedad relativa del 100 %, este valor indica que el aire ya no puede almacenar más vapor y desde ese momento el vapor adicional se convertirá en agua líquida o cristales de hielo.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> *Ibíd.*, p. 1315.

<sup>25</sup> RODRIGUEZ JIMENEZ; CAPA; PORTELA LOZANO. *Op. Cit.*, p.30.

**PUNTO DE ROCÍO:** Es la temperatura a la cual debe enfriarse el aire para que se sature de vapor y comience a condensarse como niebla, entre más se acerque la temperatura al punto de rocío mayor será la probabilidad de condensación.<sup>26</sup>

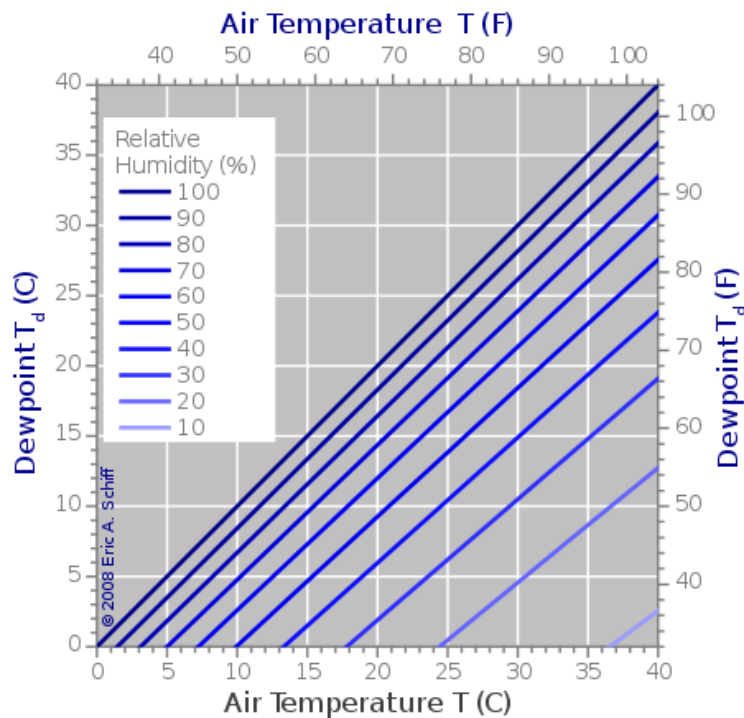
$$Pr = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} * [112 + (0.9 * T)] + (0.1 * T) - 112 \quad (5.2)$$

Pr = Punto de rocío

T = Temperatura en ° Celsius

H = Humedad relativa

Gráfica 4: Relación humedad relativa, temperatura y punto de rocío.



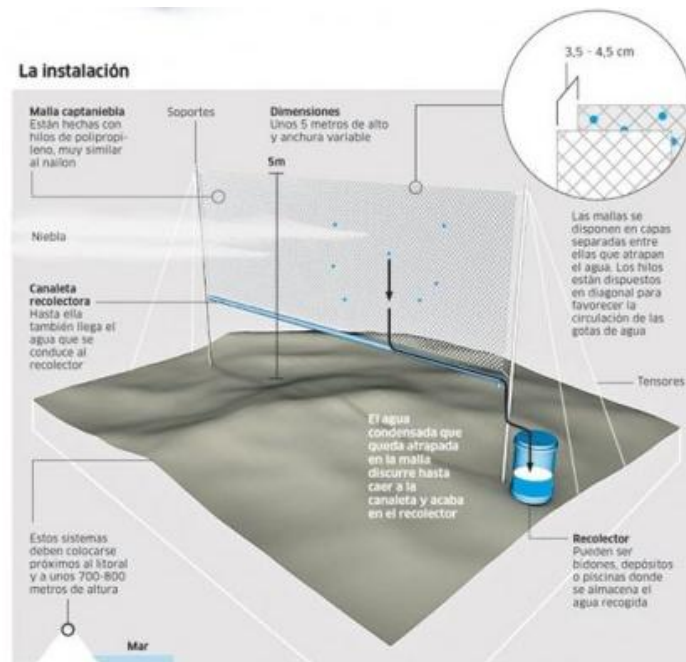
Fuente: <http://blog.ljou.es/2011/07/el-punto-del-rocio/>

<sup>26</sup> GONZALEZ DEL CARPIO, Cristhian [online]. Navegando en la atmosfera: Meteorología aeronáutica. México: Instituto politécnico nacional, 2010. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/reader.action?docID=10417987&ppg=8>.

**PRECIPITACIÓN:** Es la caída de las gotas de agua suspendidas en las corrientes de aire de una nube, para que la gota de agua pueda caer al suelo por gravedad, ésta debe crecer y aumentar de peso mediante dos maneras: la primera es cuando la temperatura desciende adiabáticamente y el vapor es condensado sobre las gotas aumentando su tamaño hasta ser suficientemente pesadas; la segunda se presenta cuando hay turbulencia dentro de las nubes originando choques hasta fusionarse formando gotas más grandes y pesadas.<sup>27</sup>

**MALLA ATRAPANIEBLAS:** Son mallas compuestas por hilos de polipropileno y polietileno, similares al nylon que capturan las partículas de agua que contiene la niebla.

Figura 9: Modelo e instalación malla atrapa nieblas.



**Fuente:** <http://resseny.blogspot.com.co/2009/04/atrapanieblas.html>.

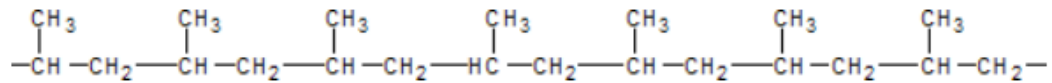
<sup>27</sup> Ibíd., p.93.

**POLIPROPILENO:** El polipropileno es un polímero termoplástico es el más ligero de los plásticos y posee un densidad del 0.90 gr/cc, su alta cristalinidad le proporciona una alta resistencia a la tracción, rigidez y dureza.

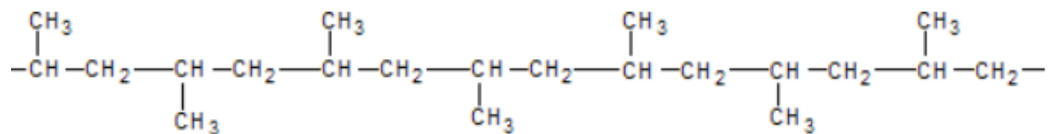
Este tipo de polímero tiene una naturaleza apolar, es decir tiene una gran resistencia a agentes químicos presentando poca absorción de agua por lo cual no genera mucha humedad.

Su estructura molecular está compuesta por un grupo metilo (CH<sub>3</sub>), esto permite distinguir tres formas isómeras del polipropileno:

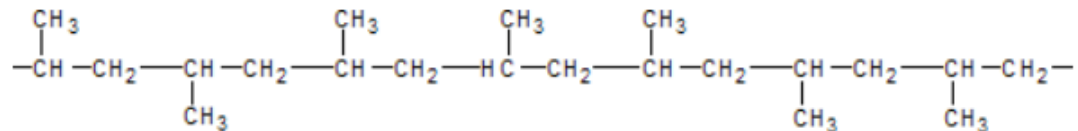
Isotáctica: Cuando los grupos metilos están a un lado.



Sindiotáctica: Cuando los metilos están distribuidos en forma alterna en la cadena.



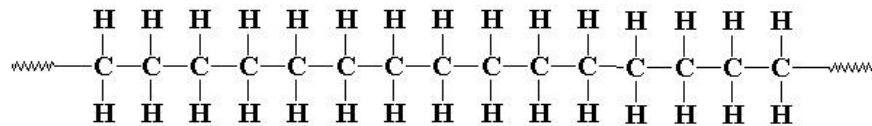
Atáctica: Cuando los metilos se distribuyen al azar.<sup>28</sup>



<sup>28</sup> VIGILANTE, Alejandro. Trabajo de campo: Polímeros [online]: El cid editor apuntes, 2009. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/detail.action?docID=10311806>

**POLIETILENO:** Es un polímero termoplástico que posee tenacidad y flexibilidad a diferentes temperaturas, al igual que el polipropileno tiene una gran resistencia a agentes químicos, cuando el material está expuesto a los rayos UV envejece muy rápidamente generando pérdidas de resistencia, alargamiento y desgarro.<sup>29</sup>

Su estructura molecular es:



**ABASTECIMIENTO DE AGUA:** Es un conjunto de estructuras destinadas a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. El sistema de abastecimiento de agua se clasifica dependiendo del tipo de usuario, el sistema se clasificará en urbano o rural.<sup>30</sup>

**HUMEDAD ATMOSFÉRICA:** La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua existente en el aire. Depende de la temperatura y sus índices son más elevados en masas de aire caliente. Se mide mediante un aparato denominado higrómetro, y se expresa mediante los conceptos de humedad absoluta, específica, o relativa del aire. La humedad absoluta es la masa total de agua existente en el aire por unidad de volumen, y se

---

<sup>29</sup> BILLMEYER, Fred [online]. Ciencia de los polímeros. España: Reverte, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&dq=ciencia+de+los+polimeros&hl>

<sup>30</sup> MAYS, Larry. Manual de sistemas de distribución de agua. MacGraw-Hill, 2002. 300p.



expresa en gramos por metro cúbico de aire. La humedad atmosférica terrestre presenta grandes fluctuaciones temporales y espaciales.<sup>31</sup>

**BALANCE HIDROLÓGICO:** Es la evaluación de los factores hidrológicos en un lugar o tiempo determinados. Permite establecer cuantitativamente los recursos hídricos presentes para poder hacer uso racional de las fuentes presentes en la zona que serán utilizadas para diferentes tareas que realiza el hombre.

El balance hidrológico se expresa de la siguiente manera:

$$[ \text{Agua que entra en un sistema} ] = [ \text{Agua que sale} ] + [ \text{Cambio en almacenamiento} ] \quad (5.3)$$

La fórmula del balance hídrico se basa en las variaciones de un volumen de agua cualquiera midiendo el agua almacenada y los flujos de entrada y salida. El flujo de entrada comprende variables como la precipitación, agua superficial y subterránea. El flujo de salida comprende variables como la evapotranspiración y el flujo de egreso; dependiendo del lugar de estudio se pueden tomar otras variables para el cálculo del balance hidrológico. Este balance puede establecerse para diferentes periodos de tiempo (días, meses y años) cubriendo diferentes extensiones territoriales como una parcela, la cuenca de un río, un país o un continente.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> GARREAUD, Rene; MERUANE, Carolina [online]. Instrumentos meteorológicos y humedad atmosférica. Chile: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Departamento de Geofísica, 2005. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo\\_mod1.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo_mod1.pdf).

<sup>32</sup> HEUVELDOP, Jochen; PARDO TASIES, Jorge; QUIROS CONEJO, Salvador y ESPINOZA PRIETO, Leonardo [online]. Agroclimatología tropical. San Jose: Universidad estatal a Distancia, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=DD05AfVeRs0C&pg=PA127&dq=que+es+el+balance+hidrologico&hl>.

## 5.2 MARCO LEGAL

Tabla 1: Normatividad aplicable.

Norma	Artículo y descripción
<p>Plan de Ordenamiento territorial-Decreto 364 del 26 de Agosto de 2013.</p> <p>Título II-Capitulo III-Estructura funcional y de servicios-Subcapítulo 2- Sistemas de servicios públicos.</p>	<p>a) Artículo 416-Sistema de servicios públicos rurales.</p> <p>b) Artículo 417-Objetivos del sistema de servicios públicos rurales.</p> <p>c) Artículo 418- Clasificación de servicios públicos rurales.</p> <p>d) Artículo 419-Localización de áreas para servicios públicos.</p> <p>e) Artículo 420-Objetivos del abastecimiento de agua potable.</p> <p>f) Artículo 421-Operación y mantenimiento.</p>
<p>Decreto 1575 de 2007-Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.</p>	<p>a) Artículo 3. Características del agua para consumo humano.</p> <p>b) Artículo 12. Índice de riesgo para la calidad del agua para consumo humano IRCA.</p> <p>c) Artículo 13. Índice de riesgo municipal de abastecimiento de agua.</p> <p>d) Artículo 14. Elaboración de índices.</p> <p>e) Artículo 15. Mapa de riesgo de calidad para consumo humano.</p>

Fuente: Secretaria de Planeación Bogotá<sup>33</sup> y Ministerio de la protección social.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> COLOMBIA. SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ. Decreto 364 (26, 08, 2013). Título II-capitulo III Estructura funcional y de servicios-Subcapítulo 2- Sistemas de servicios públicos. Bogotá: La secretaria.2013, 517 p.

<sup>34</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Decreto 1575 (09, 05, 2007). Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El ministerio.2007, 14 p.

## **5.3 MARCO GEOGRÁFICO**

### **5.3.1 Localización**

La localidad de Chapinero está delimitada al norte por la localidad de Usaquén, la Avenida calle 100 y la vía a la Calera; al oriente por los municipios de Choachi y La Calera; al sur con la localidad de Santafé y al sur con las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo.

Cuenta con cinco UPZ: Chapinero 99, San Isidro Patios 89, Pardo Rubio 90, El Refugio 88, Chicó Lago 97.

La localidad se encuentra dividida en cuatro zonas (cada una con su respectiva desagregación por sectores) de acuerdo con criterios de estratificación socioeconómica y división geomorfológica.

Zona 1: área rural, compuesta por tres sectores y una vereda.

Zona 2: área urbana del piedemonte de los Cerros Orientales, habitada por sectores populares, compuesta por cuatro sectores.

Zona 3: área urbana de conformación múltiple, comprendida entre el límite de los Barrios populares de los cerros y la Avenida Caracas, de la calle 39 a la calle 67, Compuesta por dos sectores.

Zona 4: área urbana de conformación múltiple, comprendida entre el límite de los Cerros Orientales y la Avenida Caracas y su prolongación por la Autopista Norte, desde la calle 67 hasta la calle 100, compuesta por tres sectores.

Esa zonificación y estratificación social en el ámbito local muestra una concentración de la población en los estratos 4, 5 y 6 y su distribución entre las zonas 3 y 4, pero una porción de población se sitúa en el estrato 2, entre las zonas 1 y 2, que constituye el conglomerado social zonal más vulnerable.

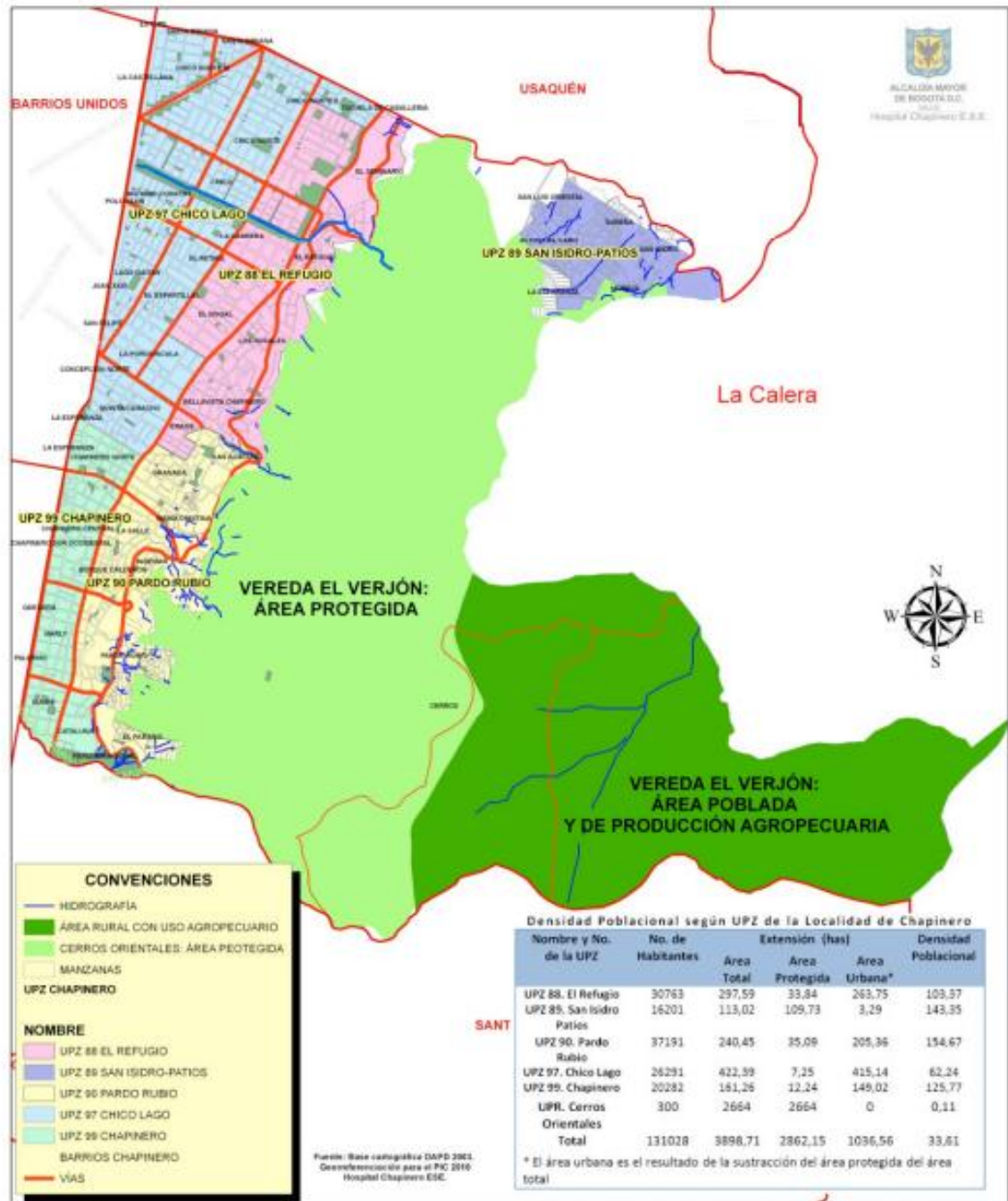
La UPZ 89 San Isidro Patios se localiza en el extremo nororiental de la localidad de Chapinero, tiene una extensión de 113 hectáreas. Esta UPZ limita, por el norte con la zona rural de Chapinero y Usaquén; por el oriente y el sur, con el municipio de la Calera; por el occidente, con la zona rural de Chapinero. Por encontrarse

dentro de la Reserva Forestal Nacional Protectora Bosque Oriental de Bogotá, esta UPZ aún no ha sido reglamentada. Su tipología es residencial de urbanización incompleta: áreas de la periferia de la ciudad en las que se localizan barrios de origen informal que presentan deficiencias en infraestructura de servicios públicos, accesibilidad, equipamientos y espacio público.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACION [online].21 Monografías de las localidades distrito capital 2011: Localidad # 2 Chapinero. Bogotá: Alcaldía mayor de Bogotá, 2011. [Citado 28, Marzo. 2016]. Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Documentos/An%Elisis/DICE064-MonografiaChapinero-31122011.pdf>.

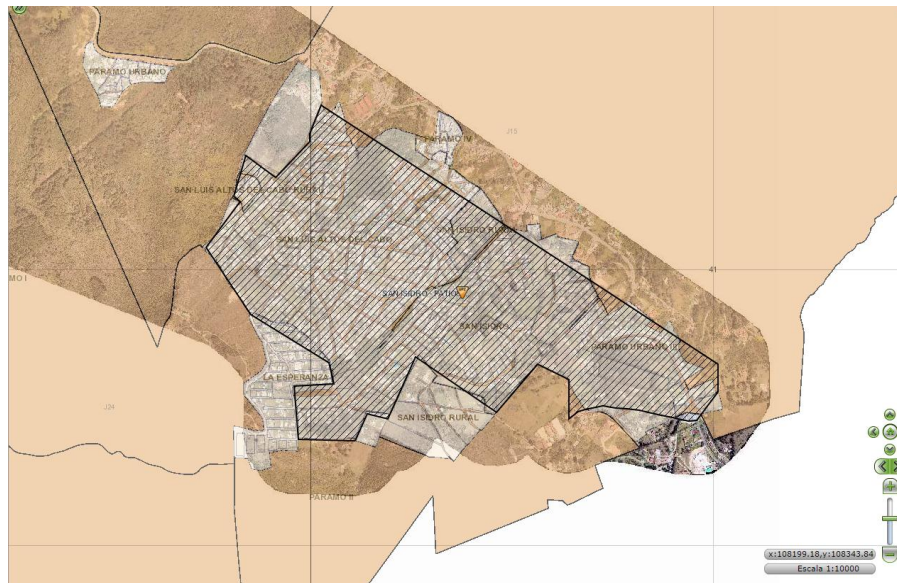
Figura 10: Ubicación Geográfica Localidad de Chapinero, clasificación UPZ.



Fuente: SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN.<sup>36</sup>

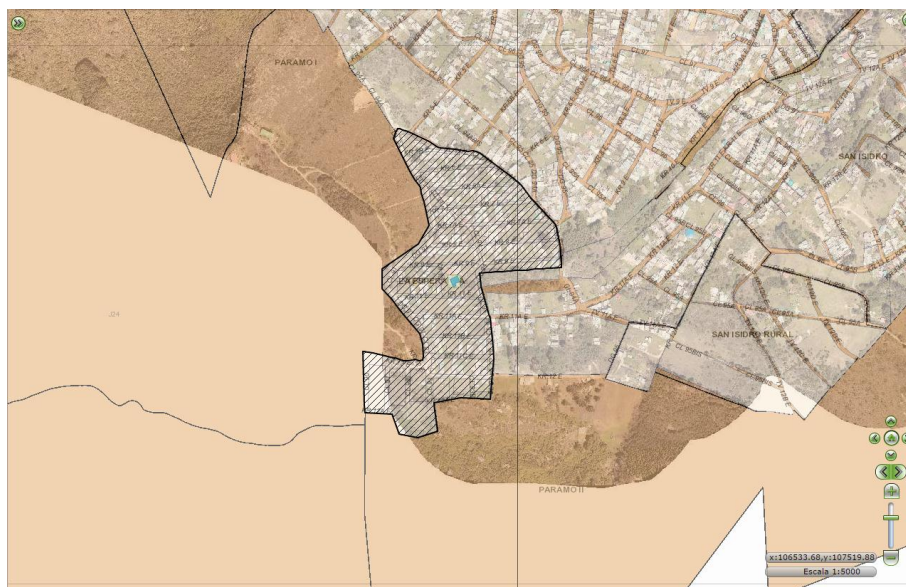
<sup>36</sup> Ibid., p. 15.

Figura 11: UPZ 89- San Isidro Patios



Fuente: SINUPOT<sup>37</sup>.

Figura 12: Barrio La Esperanza



Fuente: SINUPOT.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. [online].Sinupot. [Citado 13, Abril.2016]. Disponible en: <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf>.

<sup>38</sup> *Ibíd.*, <http://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf>.

### 5.3.2 Características generales

Tabla 2: N° de Barrios que conforman la UPZ.

N° UPZ	NOMBRE UPZ	BARRIOS
89	SAN ISIDRO PATIOS	LA ESPERANZA NORORIENTAL
		LA SUREÑA
		SAN ISIDRO
		SAN LUIS ALTOS DEL CABO
		SUBTOTAL: 4

Fuente: SECRETARÍA DE PLANEACIÓN BOGOTÁ.<sup>39</sup>

Tabla 3: Características urbanísticas UPZ

N°.	UPZ	Característica urbanística	Área/Ha.(1)	Población (2)	Decreto reglamentario de la norma urbanística
89	San isidro	Residencial de urbanización incompleta	113,01	8,101	Pendiente definición cerros orientales

Fuente: SECRETARÍA DE PLANEACIÓN BOGOTÁ.<sup>40</sup>

Tabla 4: Tipología UPZ San Isidro Patios.

Tipologías de las UPZ	Característica urbanística
TIPO 1	<b>RESIDENCIAL DE URBANIZACION INCOMPLETA:</b> Áreas de la periferia de la ciudad en las que se localizan barrios de origen informal que presentan deficiencias en infraestructura de servicios públicos, accesibilidad. Equipamientos y espacio público.

Fuente: SECRETARÍA DE PLANEACIÓN BOGOTÁ.<sup>41</sup>

<sup>39</sup> Op. cit., p. 16.

<sup>40</sup> Op. cit., p. 15.

<sup>41</sup> Op. cit., p. 15.

## **6 METODOLOGÍA**

### **6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN**

El enfoque de investigación del proyecto será de tipo cuantitativo, puesto que se evaluarán diferentes variables como son la precipitación, temperatura, punto de rocío, velocidad del viento, humedad relativa, niebla y rocío, a partir de estas variables se realizará un análisis detallado para poder determinar las características de la zona de estudio.

### **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación para la realización del proyecto será experimental, debido a que se evaluarán las características de los factores presentes en la zona de estudio, esto permitirá comparar los resultados obtenidos puesto que este tipo de investigación se acopla a la presentación de resultados aplicando la relación causa y efecto para cada una de las variables estudiadas, con el fin de determinar la naturaleza del problema.

### **6.2 FASES DE INVESTIGACIÓN**

#### **6.2.1 Fase I Evaluar la cantidad de agua atmosférica presentada en la zona de estudio.**

Para el desarrollo de esta fase se tomara como fuente el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), el cual permitirá obtener los valores diarios de las variables que serán analizadas en la zona de estudio las cuales son: precipitación, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa; estas variables serán tomadas a partir de Enero de 2015 hasta Marzo de 2016 y serán tabuladas y graficadas mensualmente para obtener la variación que se presenta durante el año. Mediante la obtención de estos datos se podrá calcular variables como el punto de rocío y el balance hidrológico.



### **6.2.2 Fase II Determinar la eficiencia de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla mediante mallas de polipropileno y Raschel.**

Con el fin de lograr este objetivo se implementará un modelo de recolección de rocío y niebla que permitirá calcular la cantidad de agua recolectada, para ello se dispondrá de un neblinómetro, este dispositivo estará compuesto por los siguientes elementos: mallas de polipropileno y Raschel (polietileno) de 1.00 m x 1.00 m a una altura de 2 m del nivel del suelo con postes de madera enterradas a un 1m que permitirán sostener las mallas, una canaleta en tubo de 4” que recibirá el agua condensada que desciende por las mallas, una bajante de 2” que transportara el agua hacia los garrafones de 22 litros que recolectaran el agua, los garrafones serán enterrados para evitar que se derrame el agua al ser derribados por la acción del viento o del hombre.

Se instalarán seis neblinómetros que serán ubicados a diferentes alturas y hacia la dirección predominante del viento sobre los cerros orientales, se instalarán dos por cada altura un neblinómetro con malla de polipropileno y uno con malla tipo Raschel (polietileno) para poder comparar la eficiencia de las mallas a diferentes alturas.

Los datos serán recolectados semanalmente y diariamente durante los meses de febrero y marzo, serán tabulados y graficados para observar que material posee la mayor eficiencia y a que altura se podrá recolectar la mayor cantidad de niebla y rocío.

### **6.2.3 Fase III Diseñar una estructura que permita la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla en la zona de estudio.**

Una vez determinado el material que presente mayor eficiencia, se procederá al diseño de una estructura que permita la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla, esta estructura será diseñada a partir de los diferentes parámetros

de resistencia a los diferentes factores meteorológicos presentes en la zona de estudio.

### **6.3 VARIABLES**

Se cuenta con variables dependientes e independientes para el desarrollo de la investigación, puesto que los datos recolectados serán propios de la zona y del clima que se presente en los tiempos que se genere la recolección de los datos.

Variables dependientes: Volumen de agua recolectada mediante los neblinómetros y balance hidrológico.

Variables independientes: punto de rocío, temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento.

### **6.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto será apoyado en el método estadístico, puesto que está sujeto a datos empíricos obtenidos a través de la recolección de agua diaria por medio de los neblinómetros, que deberán ser tabulados con el fin de establecer las tendencias presentadas en la recolección del líquido.

Adicional se realizará un estudio hidrológico de la zona mediante datos históricos recolectados por el IDEAM, con el fin de determinar el balance hídrico. Dicho estudio estará basado en las temperaturas, precipitaciones y velocidad del viento que se presentan en el año y a diferentes horas del día, así como también la humedad relativa.

## 7 ANÁLISIS Y RESULTADOS

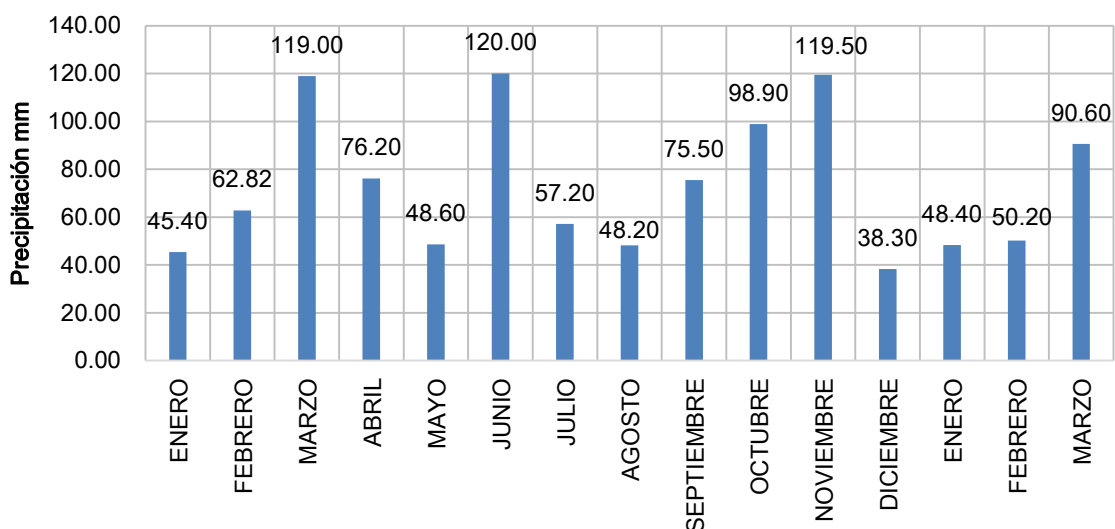
### 7.1 FASE I

De acuerdo a los datos adquiridos por el IDEAM se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 7.1.1 Precipitación

El promedio de lluvia en los cerros orientales-barrio La Esperanza durante el año 2015 fue 75.80 mm, en los meses de enero, febrero, abril, mayo, julio, agosto, septiembre y diciembre la precipitación fue mínima presentando niveles entre 40 y 80 mm; en los meses de marzo, junio, octubre, noviembre la precipitación aumentó presentando niveles entre el 80 y 120 mm.

Gráfica 5: Precipitación mensual año 2015-2016.



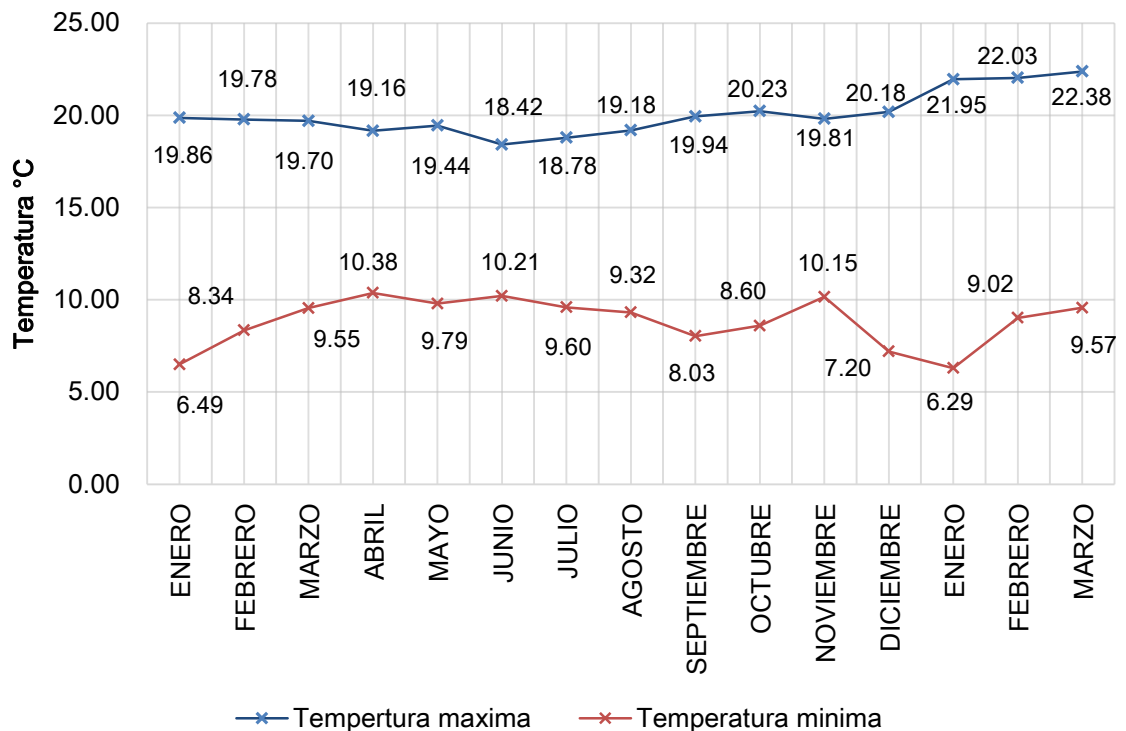
Fuente: Tomado y adaptado de <http://www.ideam.gov.co/>.

#### 7.1.2 Temperatura

El promedio de temperatura máxima en los cerros orientales-barrio La Esperanza durante el año 2015 estuvo en 19.54 °C, manteniendo el promedio en todo el año en donde no se presentó mayor variación en las temperaturas, caso contrario

ocurrió en las temperaturas mínimas en el cual se presentó una variación constante en todos los meses, de acuerdo con el IDEAM, ésto se debe a que los fenómenos que atacan al país (fenómeno de la Niña y fenómeno del Niño); estas temperaturas varían constantemente debido a las heladas presentadas en la madrugada en donde la temperatura ha llegado a estar en 2°C.

Grafica 6: Variación temperatura mínima vs máxima año 2015-2016.



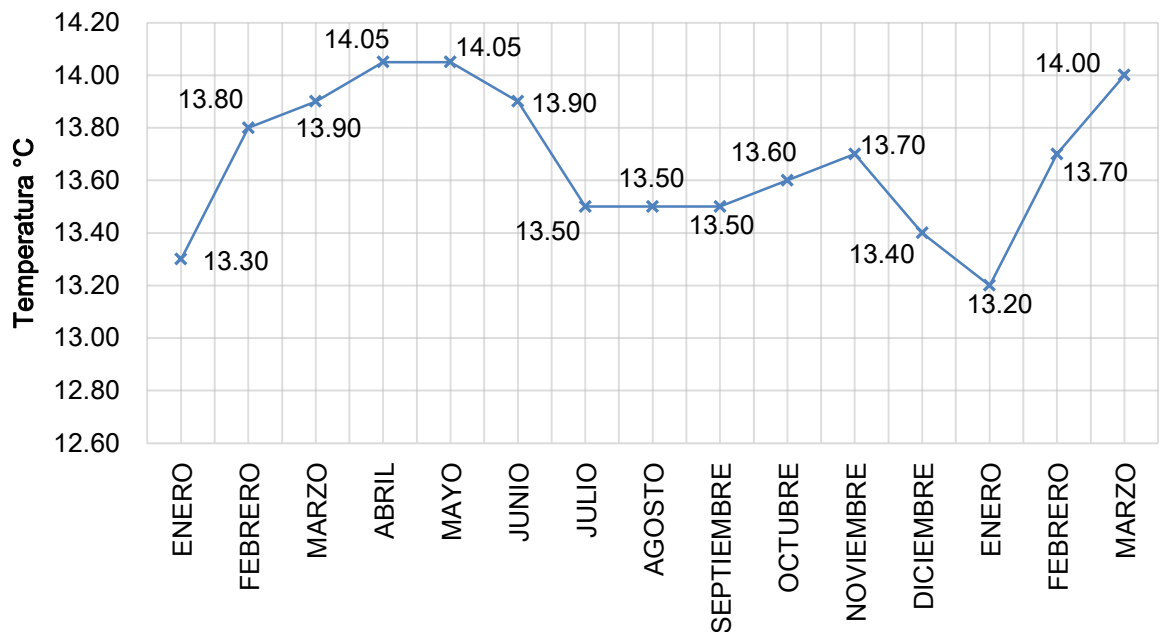
Fuente: Tomado y adaptado de <http://www.ideam.gov.co/>.

### 7.1.3 Temperatura media

Con respecto a la temperatura media establecida por el IDEAM para la zona de estudio se presenta variación por cada trimestre del año 2015 tomando como mayor temperatura media el periodo de abril a junio; trimestre en el cual se presentó la menor temperatura máxima del año, pero así mismo las temperaturas

mínimas presentadas de abril a junio no fueron las más bajas del año por tal motivo la diferencia entre temperaturas máximas y mínimas no fue tan alta con respecto a los otros meses.

Grafica 7: Temperatura media año 2015-2016.

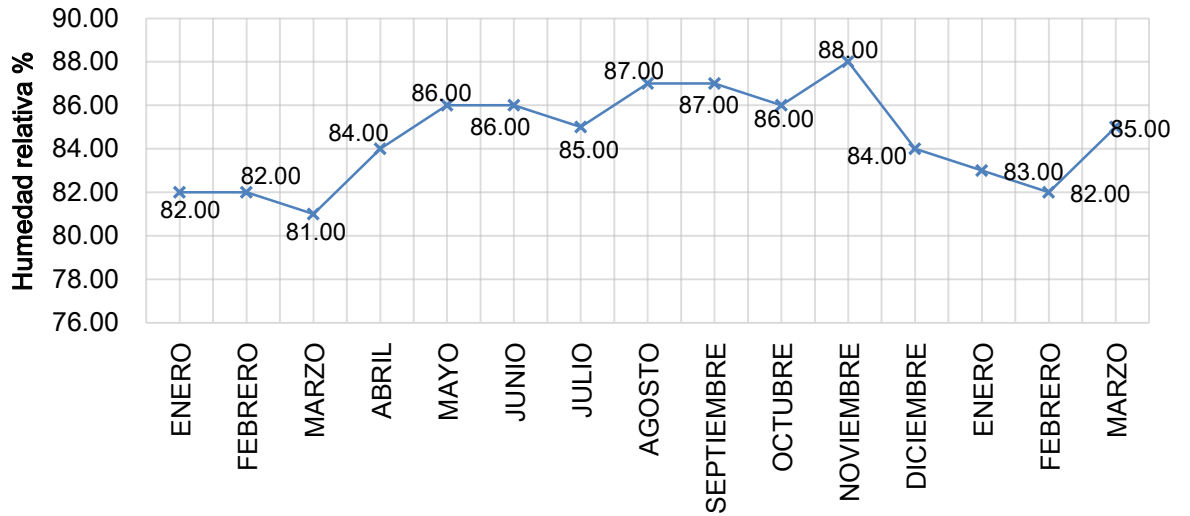


Fuente: Tomado y adaptado de <http://www.ideam.gov.co/>.

#### 7.1.4 Humedad relativa

Lo valores de humedad relativa que se presentan en la zona de estudio son cercanos al 100%, esto indica que hay mayor formación de neblina puesto que el aire está saturado y ya no puede almacenar más vapor de agua por ende se genera el fenómeno llamado condensación.

Gráfica 8: Variación humedad relativa año 2015-2016.

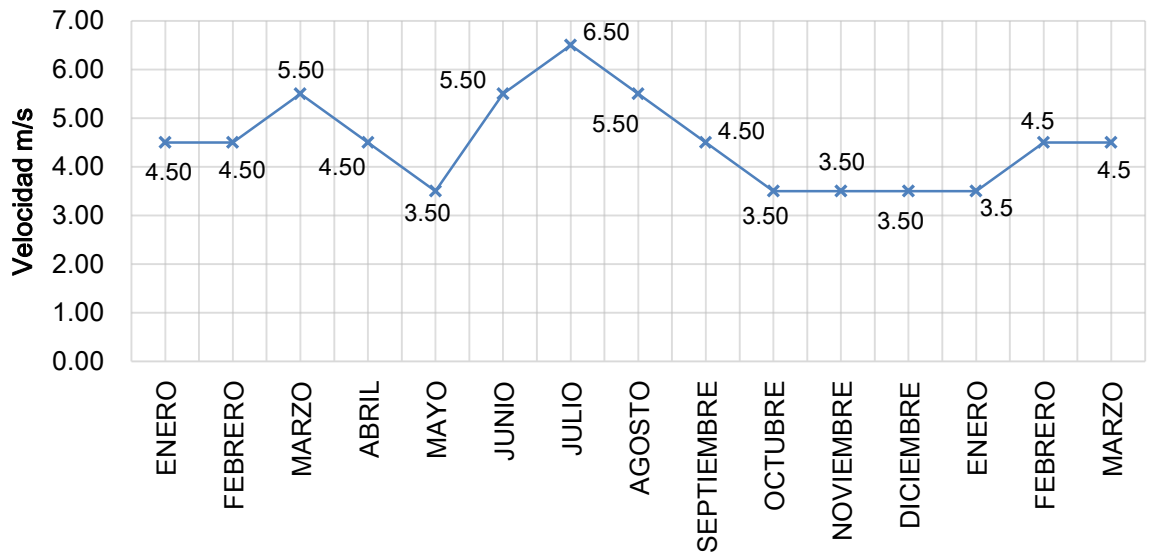


Fuente: Tomado y adaptado de <http://www.ideam.gov.co/>.

### 7.1.5 Viento

Los vientos presentes en esta zona se generan en dirección al este, las velocidades máximas se registran en los meses de junio, julio y agosto.

Gráfica 9: Variación de la velocidad del viento año 2015-2016.



Fuente: Tomado y adaptado de <http://www.ideam.gov.co/>.

### 7.1.6 Punto de rocío

A través de los valores obtenidos de temperatura y humedad relativa, se calcula el punto de rocío mediante la siguiente formula:

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} * [112 + (0.9 * T)] + (0.1 * T) - 112 \quad (7.3)$$

Pr= Punto de rocío

T= Temperatura

H= Humedad relativa

Enero

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{82}{100}} * [112 + (0.9 * 13.30)] + (0.1 * 13.30) - 112 = 10.26^\circ \quad (7.4)$$

Febrero

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{82}{100}} * [112 + (0.9 * 13.80)] + (0.1 * 13.80) - 112 = 10.75^\circ \quad (7.5)$$

Marzo

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{81}{100}} * [112 + (0.9 * 13.90)] + (0.1 * 13.90) - 112 = 10.66^\circ \quad (7.6)$$

Abril

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{84}{100}} * [112 + (0.9 * 14.05)] + (0.1 * 14.05) - 112 = 11.36^\circ \quad (7.7)$$

Mayo

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{86}{100}} * [112 + (0.9 * 14.05)] + (0.1 * 14.05) - 112 = 11.72^\circ \quad (7.8)$$

Junio

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{86}{100}} * [112 + (0.9 * 13.90)] + (0.1 * 13.90) - 112 = 11.57^\circ \quad (7.9)$$

Julio

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{85}{100}} * [112 + (0.9 * 13.50)] + (0.1 * 13.50) - 112 = 11.00^\circ \quad (7.10)$$

Agosto

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{87}{100}} * [112 + (0.9 * 13.50)] + (0.1 * 13.50) - 112 = 11.36^\circ \quad (7.11)$$

Septiembre

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{87}{100}} * [112 + (0.9 * 13.50)] + (0.1 * 13.50) - 112 = 11.36^\circ \quad (7.12)$$

Octubre

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{86}{100}} * [112 + (0.9 * 13.60)] + (0.1 * 13.60) - 112 = 11.36^\circ \quad (7.13)$$

Noviembre

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{88}{100}} * [112 + (0.9 * 13.70)] + (0.1 * 13.70) - 112 = 11.73^\circ \quad (7.14)$$

Diciembre

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{84}{100}} * [112 + (0.9 * 13.40)] + (0.1 * 13.40) - 112 = 10.73^\circ \quad (7.15)$$

Estos valores nos indican que en la zona de estudio la temperatura deberá descender hasta los 11 ° para que el vapor de agua pueda condensarse y formar el rocío.

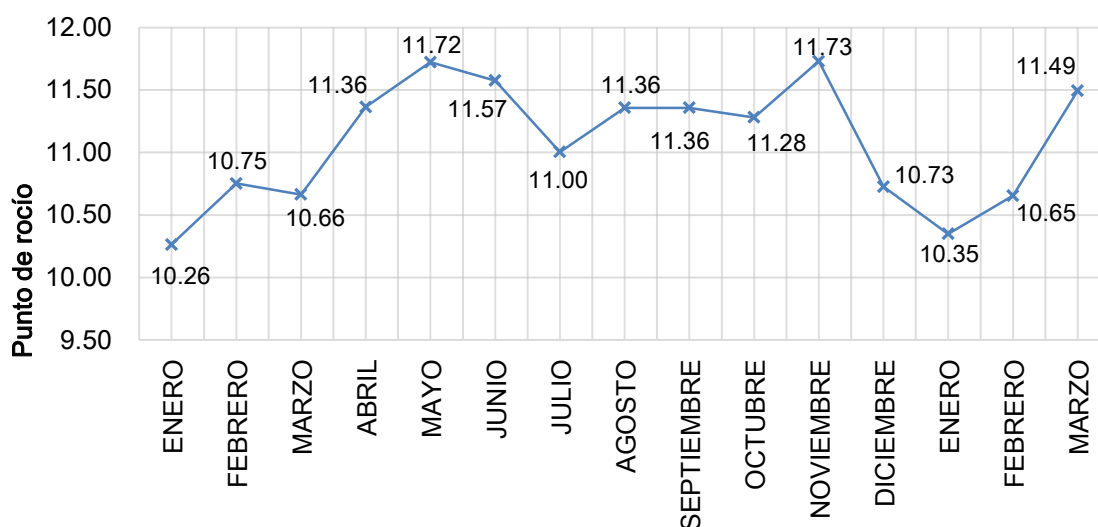


Tabla 5: Punto de rocío año 2015-2016.

Punto de rocío (2015)			
Mes	Temperatura media °C	Humedad relativa %	Punto de rocío °C
Enero	13.30	82.00	10.26
Febrero	13.80	82.00	10.75
Marzo	13.90	81.00	10.66
Abril	14.05	84.00	11.36
Mayo	14.05	86.00	11.72
Junio	13.90	86.00	11.57
Julio	13.50	85.00	11.00
Agosto	13.50	87.00	11.36
Septiembre	13.50	87.00	11.36
Octubre	13.60	86.00	11.28
Noviembre	13.70	88.00	11.73
Diciembre	13.40	84.00	10.73
Año 2016			
Enero	13.20	83.00	10.35
Febrero	13.70	82.00	10.65
Marzo	14.00	85.00	11.49

Fuente: Autores.

Gráfica 10: Variación punto de rocío año 2015-2016.



Fuente: Autores.

### 7.1.7 Balance hidrológico

Para el cálculo del balance hídrico se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$BH = [\text{Agua que entra}] - [\text{Agua que sale}] \quad (7.16)$$

Teniendo en cuenta las siguientes variables:

$$BH = [PV + PH] - [ET] \quad (7.17)$$

BH= Balance hídrico

PV= Precipitación vertical (lluvia)

PH= Precipitación horizontal (niebla, rocío)

ET= Evapotranspiración

Para determinar el valor de la evapotranspiración se utilizó la ecuación de Thornthwaite la cual se compone de las siguientes variables:

$$ET = 16 \left( \frac{10T}{I} \right)^a \quad (7.18)$$

ET= Evapotranspiración

T = Temperatura media

I= Índice de calor

El valor de la temperatura media se toma de los datos obtenidos a través del IDEAM.

Para hallar el valor del índice de calor se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{T}{5} \right)^{1.514} \quad (7.19)$$

$$a = 0.675 \times 10^{-6} I^3 - 0.771 \times 10^{-4} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49 \quad (7.20)$$

Para determinar el balance hidrológico se debe tener en cuenta la precipitación horizontal (niebla y rocío), este valor se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$PH = NHDR > 90\%(\text{días}) - NDP > 5\text{mm} (\text{días}) \times PO \quad (7.21)$$

PH= Precipitación horizontal

NHDR= Cantidad de días con humedad relativa mayor al 90%

NDP= Cantidad de días con precipitación mayor a 5 mm

PO= Promedio precipitación mensual

Tabla 6: Calculo del balance hídrico año 2015-2016.

Meses	Temperatura °C	Índice de calor I	a	ET (mm)	PV (mm)	PH (mm)	BH (mm)
Enero	13,30	4,03	1,26	43,17	45,40	3,54	5,76
Febrero	13,80	4,18	1,31	46,57	62,82	20,51	36,76
Marzo	13,90	4,21	1,32	47,27	119,00	5,81	77,54
Abril	14,05	4,25	1,33	48,14	76,20	2,38	30,44
Mayo	14,05	4,25	1,33	48,14	48,60	4,43	4,89
Junio	13,90	4,21	1,32	47,27	120,00	2,00	74,73
Julio	13,50	4,09	1,28	44,52	57,20	6,00	18,68
Agosto	13,50	4,09	1,28	44,52	48,20	2,89	6,57
Septiembre	13,50	4,09	1,28	44,52	75,50	1,93	32,91
Octubre	13,60	4,12	1,29	45,20	98,90	0,24	53,94
Noviembre	13,70	4,15	1,30	45,88	119,50	2,08	75,70
Diciembre	13,40	4,06	1,27	43,84	38,30	6,00	0,46
Enero	13,20	4,00	1,26	42,85	48,40	1,32	6,87
Febrero	13,70	4,15	1,30	45,88	50,20	2,54	6,85
Marzo	14,00	4,24	1,33	47,97	90,60	4,92	47,55

Fuente: Autores.

En el desarrollo de las ecuaciones anteriormente mencionadas se pudo obtener los resultados descritos en la tabla 6.

## 7.2 FASE II

Se instalaron seis neblinómetros en la reserva forestal de los cerros orientales continuo al barrio La Esperanza, la ubicación de los neblinómetros se hizo en zonas despejadas donde predomina vegetación como el frailejón, arbustos, matorrales y rastrojos.

Figura 13: Ubicación Neblinómetros



Fuente: Autores

Tabla 7: Características neblinómetros.

Neblinómetros	Tipo	Altura (m.s.n.m)	Coordenadas	
R1	Polipropileno	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O
R2	Raschel	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O
R3	Polipropileno	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O
R4	Polipropileno	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O
R5	Raschel	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O
R6	Raschel	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O

Fuente: Autores.

La tabla 7 representa la distribución, ubicación geográfica y altitud de los neblinómetros, se seleccionaron 3 lugares en la reserva forestal donde no predominaba vegetación de gran tamaño, la ubicación de los neblinómetros se estableció mediante GPS.

Los neblinómetros fueron instalados a un lado de los pozos artesanales que construyeron los habitantes del barrio, para no intervenir o afectar otro espacio de la reserva forestal.

Figura 14: Proceso de instalación Neblinómetros



Fuente: Autores.

En la figura 14 se puede observar el proceso de instalación de los neblinómetros en donde se procedió a la apertura de 4 agujeros con una profundidad de 1m para hincar los postes de madera tipo eucalipto que tenían una altura total de 4 m, los cuales eran utilizados como soporte de los diferentes tipos de malla.

Figura 15: Proceso de instalación Neblinómetros



Fuente: Autores.

Tres de los neblinómetros fueron contruidos con malla de polipropileno de 1.00m x 1.00m a 2m del nivel del suelo con un porcentaje de sombra del 80% color gris con un entramado cuadrado, los neblinómetros restantes fueron contruidos con malla tipo Raschel (polietileno) de 1.00m x 1.00m a 2m del nivel del suelo con un porcentaje de sombra del 50% color negro con un entramado triangular, como se puede observar en la figura 15.

Figura 16: Neblinómetro altura 3165 m.s.n.m.



Fuente: Autores.

Los neblinómetros están compuestos por una canaleta de 4" que recibe el agua condensada por la malla y una bajante de 2" que conducía el agua hacia un garrafón de 22 L que permitía medir la cantidad de agua recolectada por cada tipo de malla.

Figura 17: Neblinómetro altura 3175 m.s.n.m.



Fuente: Autores

Figura 18: Neblinómetro altura 3181 m.s.n.m.



Fuente: Autores

La medición de agua recolectada inicio el día 8 de febrero de 2016 y termino el día 31 de marzo de 2016, la recolección de los datos durante el mes de febrero se hizo semanalmente, en el mes de marzo se hizo diariamente.

Tabla 8: Recolección de datos semanal.

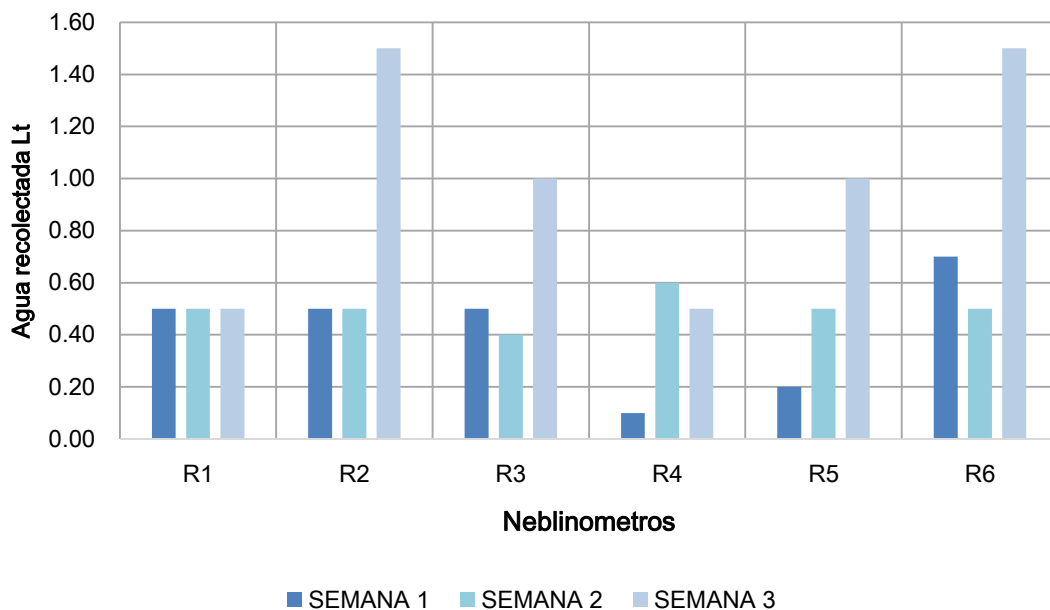
Recolección de datos febrero 2016					
Mallas	Tipo	Altura (m.s.n.m)	Cantidad de agua (l)		
			Semana 1 (08 - 14 febrero)	Semana 2 (15 - 21 febrero)	Semana 3 (22 - 28 febrero)
R1	Polipropileno	3181	0,50	0,50	0,50
R2	Raschel	3181	0,50	0,50	1,50
R3	Polipropileno	3165	0,50	0,40	1,00
R4	Polipropileno	3175	0,10	0,60	0,50
R5	Raschel	3175	0,20	0,50	1,00
R6	Raschel	3165	0,70	0,50	1,50

Fuente: Autores



De acuerdo con el estudio realizado semanalmente durante el mes de febrero del 2016, se observó que los neblinómetros ubicados a menor altura recolectaron mayor cantidad de agua del mismo modo se evaluó la eficiencia de las mallas obteniendo como resultado que la malla que recolectó mayor cantidad de agua fue la malla Raschel; obteniendo mejor resultado en las tres alturas con respecto a la malla de polipropileno.

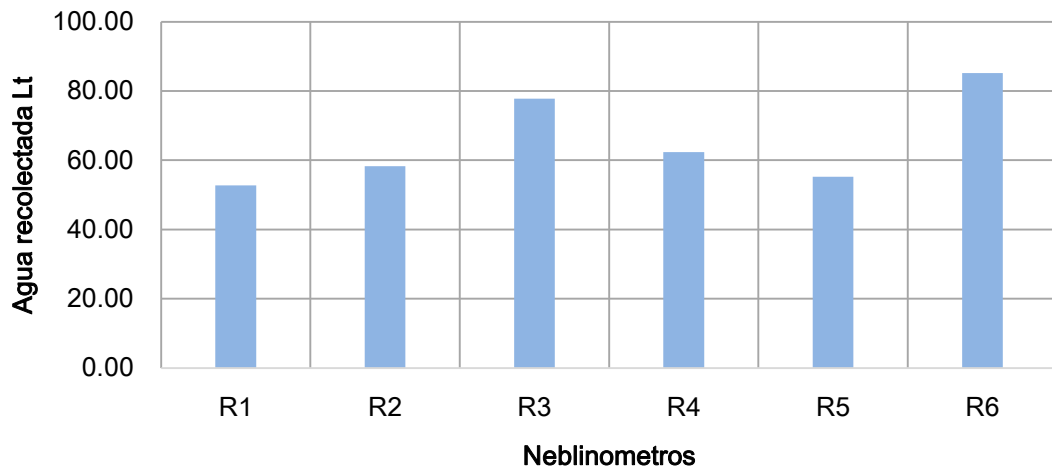
Gráfica 11: Cantidad de agua recolectada mes de febrero.



Fuente: Autores

A partir del 28 de Febrero hasta el 31 de marzo se tomaron los datos diariamente, se observó que los neblinómetros que recolectaron mayor cantidad de agua son los que están ubicados a 3165 m.s.n.m. y el material que recolectó más agua fue la malla tipo Raschel como se puede observar en la gráfica 18. (Ver anexo 2).

Gráfica 12: Cantidad de agua recolectada mes de Marzo.



Fuente: Autores

### 7.3 FASE III

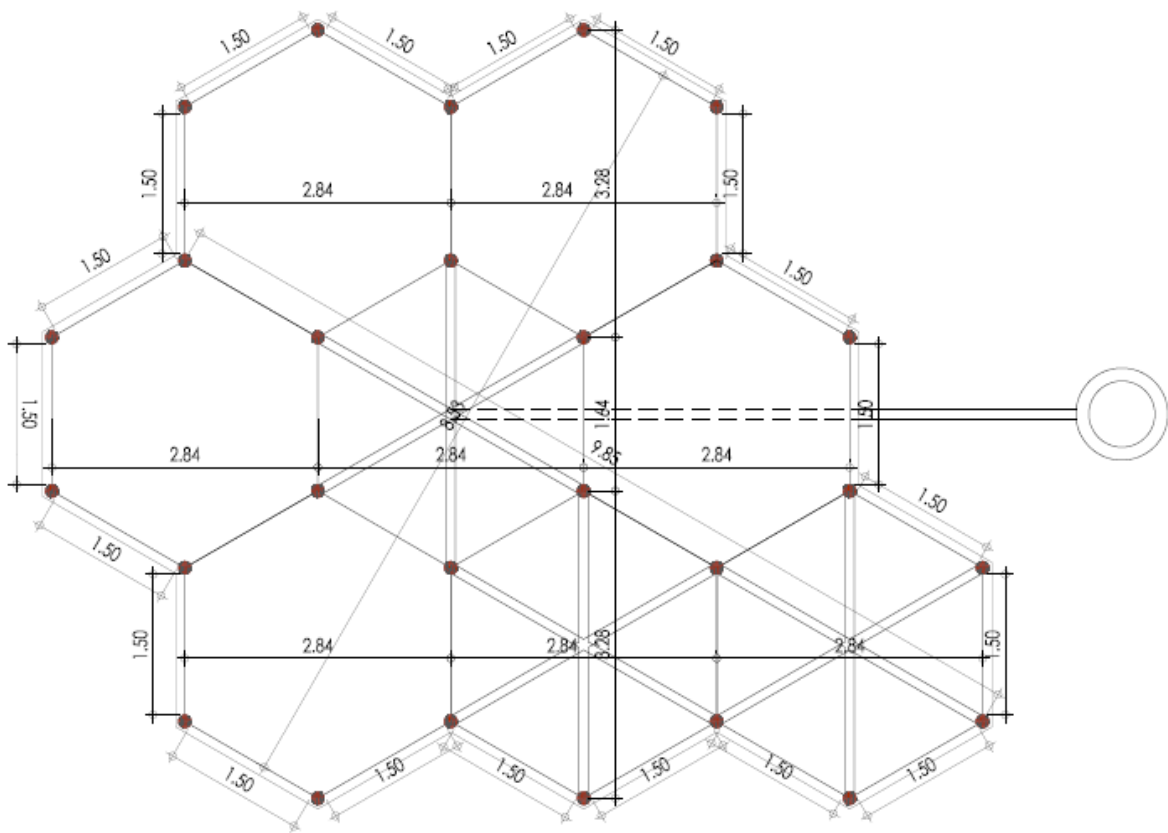
Siendo el neblinómetro un sistema que capta, mide y regula la cantidad de agua recolectada y teniendo en cuenta las variables meteorológicas de la zona (precipitación, velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y punto de rocío), una vez instalados los sistemas en el lugar de estudio se pudo determinar que el material que presento mayor eficiencia es la malla tipo Raschel (polietileno), recolectando en promedio 2.66 L/m<sup>2</sup>-día, esta malla tendrá un porcentaje de sombra del 35% que permitirá atrapar la niebla, permitiendo que el viento traspase con mayor facilidad y así mismo disminuya la fuerza que ejerce el viento sobre la estructura.

Respecto a sus características físicas y químicas la malla contiene aditivos que le brindan una resistencia a la radiación solar, fabricadas con polietileno de alta densidad alargando así su vida útil. La malla es un material liviano y flexible que ayuda a su fácil instalación, su tejido triangular permitirá que la niebla condensada se deslice con mayor facilidad hacia la superficie inferior de la estructura.

Los neblinómetros con mallas tipo Raschel fueron instalados a diferentes alturas, la altura de mayor recolección fue de 3165 msnm, siendo la altura óptima para la instalación del captador. Debido a que la formación de niebla depende de diversos factores meteorológicos, se estableció que el diseño del sistema de captación tendrá una formación tipo colmena, emulando la estructura molecular del diamante y el grafito, la estructura está compuesta por cuatro niveles, el nivel más alto tendrá una altura de 21 m y el nivel más bajo tendrá una altura 5 m.

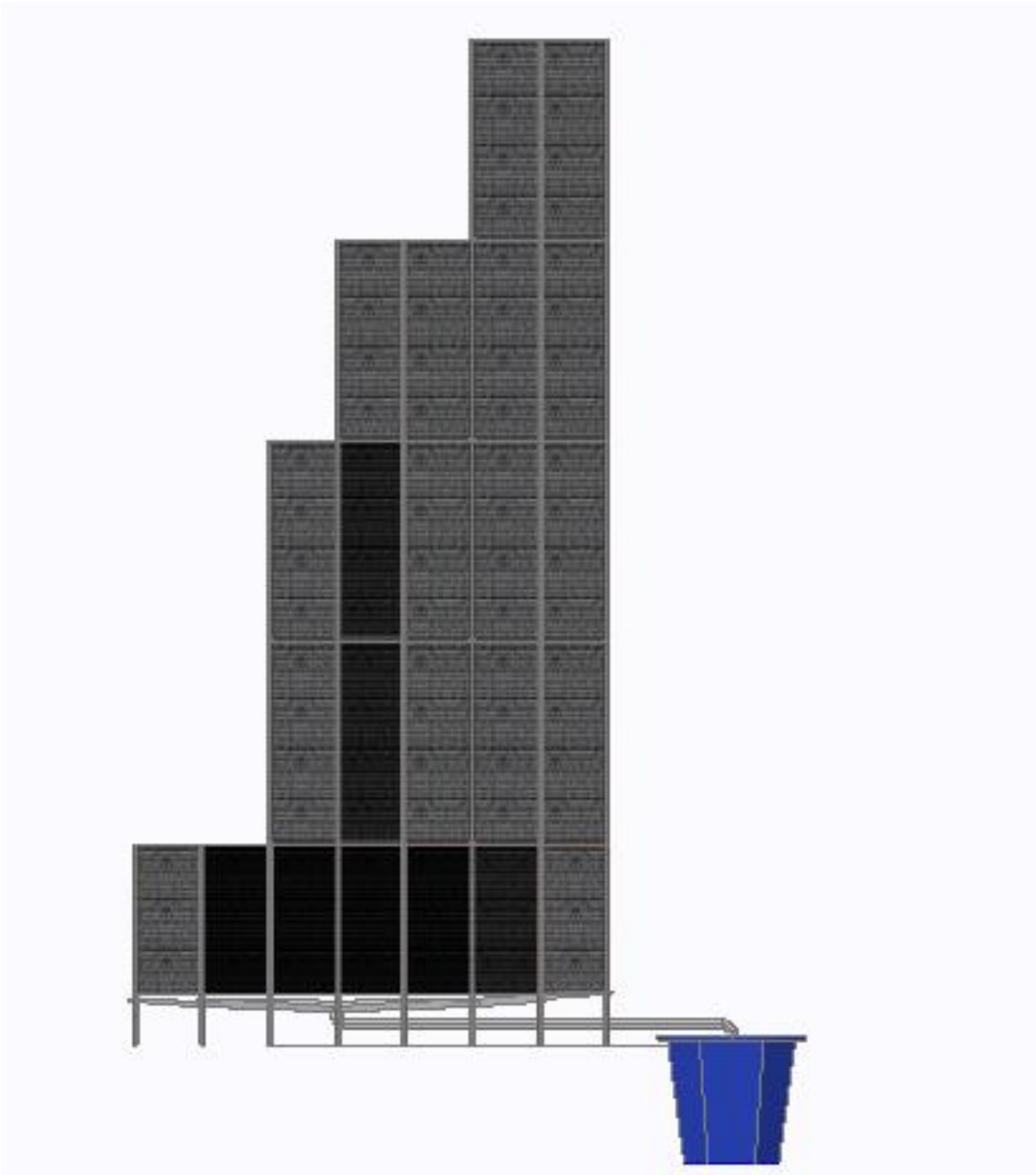
La geometría hexagonal de los paneles permitirá captar la niebla y el rocío en las diferentes direcciones del viento; el diamante y el grafito son las estructuras de mayor resistencia debido a su esquema de forma cristalina y cubica con una disposición infinita de puntos discretos o puntos de unión, para este caso, dichos puntos discretos serán 28 postes de madera inmunizada, los cuales permitirán soportar la superficie captadora de 450 m<sup>2</sup> de malla tipo Raschel, esta será la encargada de captar el agua en su tejido condensarlo y enviarlo a la parte inferior de todo el montaje por efecto de la gravedad; el líquido caerá y será recolectado por láminas de policarbonato alveolar, laminas que serán moduladas y encajadas entre sí formando un gran embudo, cuya desembocadura será una tubería de 4" con un filtro casero (piedras, grava, arena, carbón activo y algodón) que permitirá decantar y filtrar el agua antes de su paso por la red de distribución, el agua filtrada será almacenada en un tanque plástico de 1500 L, de allí será conectada al tanque de almacenamiento que tiene la comunidad con el fin de que el líquido sea conducido a los hogares por medio del sistema de distribución que actualmente tiene la comunidad.

Figura 19: Modelo sistema de captación vista en planta.



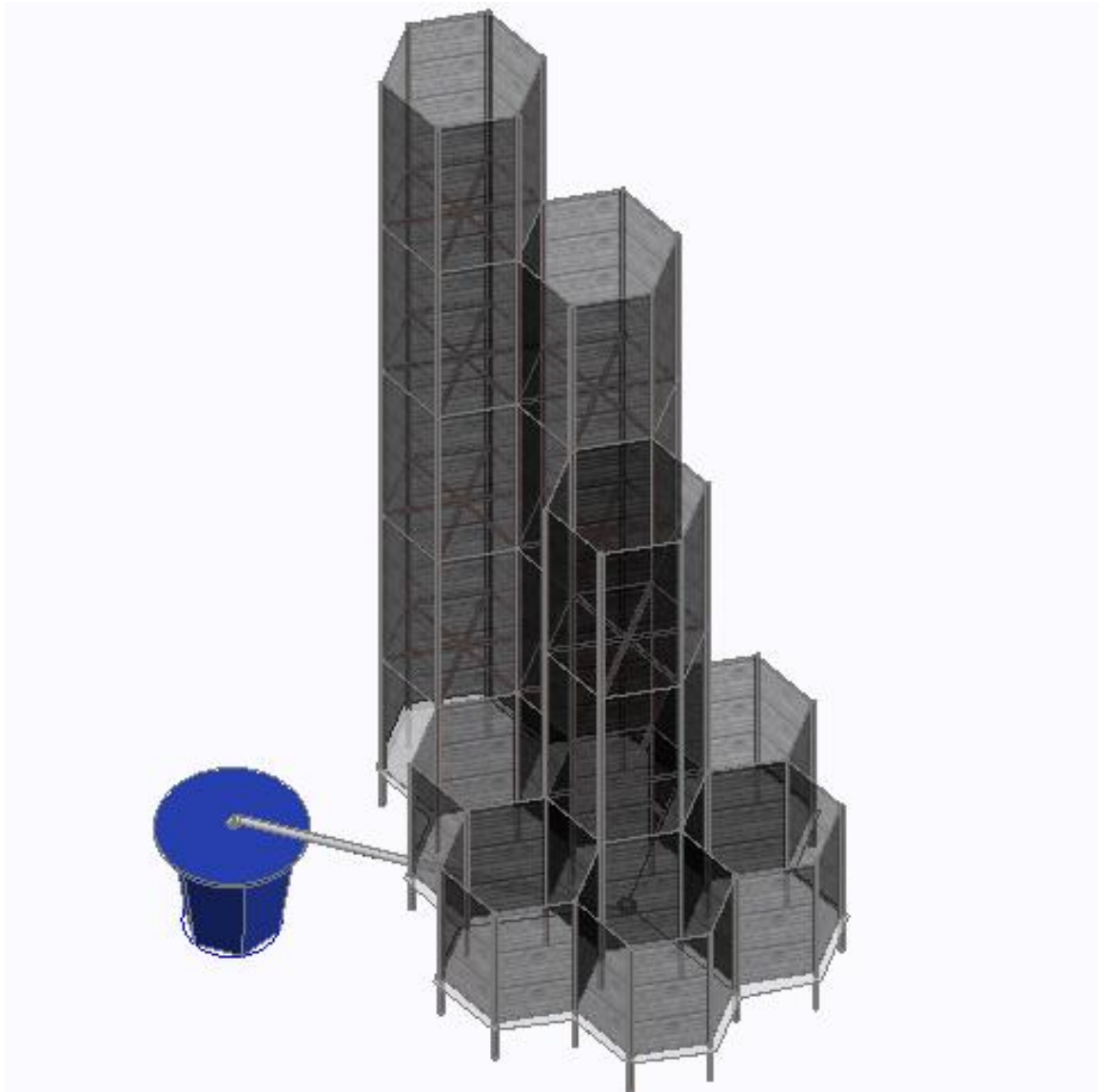
Fuente: Autores

Figura 20: Modelo sistema de captación, vista lateral.



Fuente: Autores

Figura 21: Modelo sistema de captación vista isométrica.



Fuente: Autores

Según los datos recolectados, la estructura y características físicas del modelo propuesto, este, captará un aproximado de 1197 L/día, de acuerdo al estudio que se realizó para determinar la dotación de agua por habitante (ver anexo 4), se estableció que la cantidad necesaria es de 120 l/h-día. Actualmente el barrio La Esperanza cuenta con 230 habitantes, donde, a cada uno de ellos les corresponderían 5.20 L de los 1197 L proyectados, razón por la cual se estima

reproducir 23 modelos de este tipo de forma que el total de agua captada sea aproximadamente 27.531 L/día. El costo de elaboración de un captador es aproximadamente 11.598.700 como se puede observar en la tabla 9, para cumplir la proyección de las 23 unidades del sistema el costo ascendería a 266.770.100, la ejecución de estos sistemas no generará grandes impactos de tipo ambiental.

Tabla 9. Presupuesto sistema de captación.

<b>Presupuesto sistema de captación</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
Postes de madera inmunizados 8 m	un	62	\$ 130,000.00	\$ 8,060,000.00
Listones de madera	un	30	\$ 45,000.00	\$ 1,350,000.00
Malla tipo Raschel dimensiones 10 x 2,10m	un	19	\$ 10,700.00	\$ 203,300.00
Policarbonato alveolar de 4 mm lamina de 5,90 x 2,10 m	un	5	\$ 298,500.00	\$ 1,492,500.00
Tanque de almacenamiento 1500 l	un	1	\$ 280,000.00	\$ 280,000.00
Tubo de 4" x 6 m	un	1	\$ 62,900.00	\$ 62,900.00
Filtro casero	un	1	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
			<b>Total</b>	<b>\$ 11,598,700.00</b>

Fuente: Autores

## 8 CONCLUSIONES

Actualmente el sistema de captación cuenta con una malla ubicada a dos metros del suelo sostenida en sus extremos laterales por dos postes de madera de 4 m cada uno, se hincaron los postes 1 m para que tuviera soporte en sus bases y no se desplomara por la acción del viento, dicho modelo recolectó 85,20 l de agua en un mes, por ende es posible concluir que entre más grande sean las dimensiones del captador de niebla mayor sería la cantidad de agua recolectada, el modelo del sistema propuesto tiene como objetivo captar un aproximado de 1197 l/día.

Según los resultados obtenidos de la investigación hecha a priori en la zona de trabajo, se instalaron las mallas en la dirección predominante de viento (oriente – occidente). La neblina, el rocío, el sentido y la velocidad del viento son fenómenos que se presentan en todas las direcciones, razón por la cual se llegó a la conclusión que el modelo más idóneo, que permite la mayor captación de agua y de menor impacto ambiental es la estructura tipo colmena de cuatro niveles, ya que permite una mejor recolección de agua puesto que abarca todas las posibles direcciones del viento.

La recolección de agua aumentó en el mes de Marzo debido al incremento de la precipitación presentando valores entre 80 y 120 mm.

Viendo la eficiencia como el vínculo entre la energía que se invierte y en la energía que se aprovecha en un procedimiento o sistema; podemos concluir que el neblinómetro fabricado con el tipo de malla Raschel recolectó mayor cantidad de agua debido a que su porcentaje de sombra (Porcentaje de apertura de los hilos de la malla tejidos entre sí) del 50% permitiendo el paso del viento de una manera más efectiva, en cambio la malla de polipropileno presenta un porcentaje de sombra 80%, este tejido es más cerrado y no permite el paso del viento de manera tan optima como la primera mencionada



La neblina se forma en áreas donde hay mucha humedad, como por ejemplo valles de ríos, lagos, puertos y para este caso, cerros; se forma normalmente en las partes bajas cerca al suelo donde el agua se condensa y da pie para formar lo que conocemos como neblina, debido a esto se pudo determinar que las alturas más óptimas para la recolección del líquido en cuestión son las más cercanas al suelo, prueba de esto son los 85,20 L de agua recogidos en un mes lo cual equivale a un promedio de 2,66 L/m<sup>2</sup>-día recolectados a 3165 metros sobre el nivel del mar (msnm) contra 58,3 L de agua recogidos en un mes lo cual equivale a un promedio de 1,82 L/m<sup>2</sup>-día recolectados a 3181msnm.

La implementación de grandes colectores genera una gran contribución a los problemas de desabastecimiento presentados en diferentes zonas del país, debido a que puede ser una solución en épocas de sequía, el uso de esta tecnología permitirá tener una fuente alterna sin intervenir zonas que pueden verse afectadas por la acción del hombre.

Los sistemas de captación se deben considerar como un recurso hídrico rentable, sostenible e innovador.

## 9 RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio detallado de la zona en donde se implemente el sistema de captación, puesto que se deben tener en cuenta los diferentes factores meteorológicos para que el colector sea eficiente.

Para la implementación del sistema de captación es conveniente realizar los estudios pertinentes al suelo tales como: Apiques, granulometrías y ensayos de plasticidad entre otros, que complementen los datos de microzonificación consignados en la norma NSR-10; de forma que conociendo las características del suelo sea escogido el material que brinde y garantice la estabilidad, dureza, resistencia y conservación a través del tiempo.

Es necesario priorizar los modelos de captación en la mayor cantidad de barrios como sea posible puesto que se sirven como una de las soluciones hacia los problemas de deterioro ambiental.

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

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

## 10 BIBLIOGRAFIA

AVILA, Jiménez Cristian. ¿Cómo es el avance en la cobertura de acueducto en Colombia?: En zonas rurales, 3 millones de personas viven sin agua potable. En: El Tiempo. [En línea]. 24 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/agua-potable-en-colombia-/15445939>.

BILLMEYER, Fred [online]. Ciencia de los polímeros. España: Reverte, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&dq=ciencia+de+los+polimeros&hl>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Decreto 1575 (09, 05, 2007). Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El ministerio. 2007, 14 p.

COLOMBIA. SECRETARIA DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ. Decreto 364 (26, 08, 2013). Título II-capítulo III Estructura funcional y de servicios-Subcapítulo 2- Sistemas de servicios públicos. Bogotá: La secretaria. 2013, 517 p.

GARREAUD, Rene; MERUANE, Carolina [online]. Instrumentos meteorológicos y humedad atmosférica. Chile: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Departamento de Geofísica, 2005. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo\\_mod1.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo_mod1.pdf).

GONZALEZ DEL CARPIO, Cristhian [online]. Navegando en la atmosfera: Meteorología aeronáutica. México: Instituto politécnico nacional, 2010. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en:

<http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/reader.action?docID=10417987&ppg=8>.

HEUVELDOP, Jochen; PARDO TASIES, Jorge; QUIROS CONEJO, Salvador y ESPINOZA PRIETO, Leonardo [online]. Agroclimatología tropical. San Jose: Universidad estatal a Distancia, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=DD05AfVeRs0C&pg=PA127&dq=que+es+el+balance+hidrologico&hl>.

IMTEAZ MONZUR, Alam ; AL- HASSAN , Ghassan ; SHANABLEH , Abdallah ; NASER , Jamal. Development of a mathematical model for the quantification of fog-collection resources. En: Conservation and Recycling [online], Diciembre 2011, no. 57. [Citado el 15, Octubre, 2015]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344911001947>.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del río Tunjuelo. Bogotá: Milenio editores e impresores, 2007.118p.

MADEREY RASCON, Laura [online]. Principios de hidrogeografía: Estudio del ciclo hidrológico. México: Instituto de geografía Universidad Autónoma de México, 2005. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=0S3XDWsDzSAC&printsec=frontcover&dq=Principios+de+Hidrogeografia.+Estudio+Del+Ciclo+Hidrologico&hl>.

MUSSIE FESSEHAYE, Sabah; ABDUL-WAHAB, Michael; SAVAGE, Thomas Kohler y TSEGGAI GHEREZGHIHER, Hans Hurni. Fog-water collection for community use. En: Renewable and sustainable energy reviews [online], Junio 2014, no. 29. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113006035>.

RIVERA, Juan de Dios; GARCIA, Diego. Mechanical characteristics of Raschel mesh and their application to the design of large fog collectors. En: Atmospheric Research [online], Junio 2015, no. 151. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809514002567>.

RODRIGUEZ JIMENEZ, Rosa; CAPA, Benito y PORTELA LOZANO, Adelaida [online]. Meteorología y climatología. España: Fundación española para la ciencia y la tecnología, 2004. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACION [online]. 21 Monografías de las localidades distrito capital 2011: Localidad # 2 Chapinero. Bogotá: Alcaldía mayor de Bogotá, 2011. [Citado 28, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Documentos/An%E1lisis/DICE064-MonografiaChapinero-31122011.pdf>.

SHANYENGANA, Sanderson; SEELY, Schemenauer. Testing greenhouse shade nets in collection of fog for water. En: Research and technology –AQUA [online], Mayo 2003, no. 52. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://aqua.iwaponline.com/content/52/3/237>.

SCHEMENENAUER, Robert; CERECEDA, Pilar. A proposed standard fog collector for use high, Elevation regions. En: América meteorology society [online], Marzo 2010, no. 33. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: [http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450\(1994\)033%3C1313:APSFCE%3E2.0.CO;2](http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(1994)033%3C1313:APSFCE%3E2.0.CO;2).

VIGILANTE, Alejandro. Trabajo de campo: Polímeros [online]: El cid editor apuntes, 2009. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/detail.action?docID=10311806>.

ZUÑIGA LOPEZ, Ignacio; CRESPO DEL ARCO, Emilia [online].Meteorología y climatología. Universidad nacional de educación a distancia, 2000. [Citado 26, Marzo, 2016]. Disponible en: <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/reader.action?docID=10609046&ppg=1>

## 11 ANEXOS

### 11.1 ANEXO 2. Registró fotográfico reconocimiento de la zona de estudio.

En las fotografías podemos observar el sistema de abastecimiento que utiliza actualmente la comunidad, que consta de 3 pozos ubicados a lo largo de los cerros orientales, los cuales permiten conducir el agua desde el nacedero de agua conocido como Las Moyas, por medio de mangueras hasta el tanque de almacenamiento construido por los habitantes del barrio La Esperanza.







## 11.2 ANEXO 1. Registro fotográfico construcción neblinómetros.

En el registro fotográfico podemos evidenciar el paso a paso del montaje de los neblinómetros que fueron instalados en los cerros orientales con el fin de cuantificar la cantidad de agua por rocío y niebla presente en la reserva forestal, estos fueron ubicados al lado de los pozos del sistema de abastecimiento actual con el fin de no intervenir otro lugar de los cerros orientales.







### **11.3 ANEXO 2. Recolección de niebla diaria**

Recolección de datos marzo 2016																					
Mallas	Tipo	Altura (m.s.n.m)	Coordenadas		Cantidad de agua (l) marzo																
					29-feb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
R1	Polipropileno	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,50	0,70	0,60	0,40	0,20	0,10	0,00	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10
R2	Rashel	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O	0,50	0,20	0,30	0,20	0,30	0,40	1,05	1,00	0,80	0,80	0,30	0,20	0,10	0,20	0,30	0,20	0,20
R3	Polipropileno	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,60	1,01	0,80	0,70	0,50	0,20	0,10	0,10	0,20	0,50	0,10	0,30
R4	Polipropileno	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O	0,10	0,30	0,30	0,40	0,10	0,50	0,50	0,40	0,20	0,20	0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	1,90
R5	Rashel	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	1,00	1,00	0,70	0,40	0,30	0,30	0,50	0,30	0,10	0,10	1,90
R6	Rashel	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O	0,10	0,30	0,30	0,10	0,20	0,40	1,00	0,80	0,40	0,20	0,40	0,30	0,20	0,20	0,50	0,10	2,90

Recolección de datos marzo 2016																						
Mallas	Tipo	Altura (m.s.n.m)	Coordenadas		Cantidad de agua (l) marzo																	
					17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	15	16	TOTAL
R1	Polipropileno	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O	5,00	6,50	7,00	1,00	0,50	0,20	0,50	0,10	0,10	0,20	6,00	0,50	8,00	6,00	9,00	0,10	0,10	<b>52,70</b>
R2	Rashel	3181	4°39'38.56" N	74°01'27.22" O	6,00	11,00	12,50	1,20	1,00	0,30	0,60	0,10	0,10	0,10	3,00	0,30	6,00	4,50	7,50	0,20	0,20	<b>58,30</b>
R3	Polipropileno	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O	7,00	13,50	15,50	1,50	0,80	0,50	1,00	0,20	0,10	0,40	7,00	0,80	10,00	8,50	13,00	0,10	0,30	<b>83,30</b>
R4	Polipropileno	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O	4,00	9,30	10,50	0,70	0,50	0,20	0,30	0,10	0,10	0,20	5,50	0,50	9,50	7,00	10,00	0,10	1,90	<b>62,30</b>
R5	Rashel	3175	4°39'40.92" N	74°01'29.37" O	4,00	8,50	9,00	0,80	0,50	0,10	0,30	0,10	0,10	0,20	4,50	0,50	7,50	5,00	8,50	0,10	1,90	<b>55,20</b>
R6	Rashel	3165	4°39'44.37" N	74°01'30.04" O	6,00	11,50	12,00	2,00	1,00	0,60	1,20	0,30	0,10	0,50	9,00	1,00	12,00	9,00	13,00	0,10	2,90	<b>85,20</b>

#### **11.4 ANEXO 3. Datos meteorológicos diarios.**

Precipitación 2015																																	
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA	PROMEDIO
Enero	0,20	0,50	0,50	0,30	0,10	0,10	0,50	0,50	0,20	0,30	0,20	0,10	0,30	0,20	0,20	3,00	4,00	0,30	0,50	0,20	0,20	3,00	5,00	4,00	5,00	0,20	5,00	6,00	0,50	0,30	4,00	45,40	1,46
Febrero	4,00	0,30	0,80	5,00	0,40	6,00	5,00	5,00	0,12	0,90	1,00	0,90	0,90	1,00	0,50	1,00	0,60	0,70	0,60	0,80	1,00	4,00	5,00	6,00	5,00	0,30	1,00	5,00	-	-	-	62,82	2,24
Marzo	4,00	4,00	8,00	2,00	3,00	1,00	0,50	1,00	0,20	0,30	0,50	0,80	3,00	0,90	0,90	7,00	19,00	3,00	28,00	0,80	0,90	4,00	9,00	0,60	0,80	0,80	0,00	3,00	3,00	4,00	5,00	119,00	3,84
Abril	0,30	0,50	0,80	0,80	4,00	0,90	0,90	1,00	0,50	0,20	5,00	0,30	0,30	0,30	0,30	20,00	9,00	8,00	5,00	0,50	0,40	0,50	0,30	0,30	5,00	0,10	2,00	1,00	3,00	5,00	-	76,20	2,54
Mayo	1,00	1,50	0,50	0,50	0,20	0,30	0,20	0,10	0,30	0,80	0,20	0,90	0,90	1,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,30	5,00	0,10	0,60	0,60	0,60	3,00	1,00	0,50	3,00	0,90	0,60	10,00	48,60	1,57
Junio	0,30	0,30	0,60	5,00	5,00	0,60	0,00	0,80	0,80	5,00	5,00	7,00	0,50	3,00	10,00	9,00	8,00	10,00	5,00	0,00	20,00	1,00	5,00	1,00	5,00	9,00	1,00	1,00	1,00	0,10	-	120,00	4,00
Julio	1,00	0,10	0,00	1,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	1,00	0,90	0,50	5,00	5,00	5,00	1,00	5,00	1,00	3,00	5,00	2,00	0,80	5,00	0,20	0,90	0,90	3,00	5,00	2,00	0,20	57,20	1,85
Agosto	0,50	0,30	0,10	0,10	0,50	0,50	0,20	0,30	4,00	5,00	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	3,00	4,00	0,30	0,50	0,20	0,20	3,00	8,00	4,00	0,10	6,00	0,50	5,00	0,50	0,20	0,30	48,20	1,55
Septiembre	0,50	5,00	0,20	0,60	3,00	3,00	0,80	3,00	3,00	6,00	3,00	4,00	5,00	0,10	2,00	6,00	18,00	0,80	0,30	0,10	6,00	1,00	0,50	1,00	0,30	0,50	0,20	0,30	0,50	0,80	-	75,50	2,52
Octubre	3,00	20,00	0,30	0,10	0,10	1,00	0,80	0,10	0,20	0,30	0,50	0,50	8,00	5,00	6,00	0,80	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	1,00	0,10	5,00	1,00	3,00	0,90	0,20	0,10	0,20	40,00	98,90	3,19
Noviembre	5,00	1,00	0,90	4,00	25,00	18,00	18,00	0,60	0,60	0,20	0,90	2,00	1,00	3,00	0,70	0,70	0,50	0,50	7,00	10,00	1,00	1,00	4,00	4,00	4,00	1,00	0,00	0,90	3,00	1,00	-	119,50	3,98
Diciembre	5,00	3,00	1,00	3,00	0,90	0,80	1,00	0,50	0,60	0,80	0,50	0,50	1,00	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	0,60	0,80	0,40	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	0,80	5,00	0,80	38,30	1,24
PRECIPITACION 2016																																	
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	SUMA	PROMEDIO
Enero	0,80	0,10	1,00	0,30	1,00	1,00	0,10	0,00	0,10	0,30	0,20	0,10	0,30	0,20	0,20	3,00	4,00	0,30	0,50	0,20	0,20	3,00	8,00	4,00	5,00	0,50	0,20	7,00	6,00	0,50	0,30	48,40	1,56
Febrero	0,00	0,00	3,00	0,80	0,10	0,00	2,00	0,10	1,00	0,90	0,00	0,00	0,90	0,50	0,00	0,50	3,00	8,00	0,30	2,00	0,00	0,50	0,30	3,00	20,0	3,00	0,00	0,00	0,30	-	-	50,20	1,73
Marzo	1,00	0,80	0,70	3,00	7,00	0,30	5,00	5,00	8,00	15,00	6,00	0,30	0,00	1,00	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	1,00	1,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	5,00	-	5,00	90,60	3,02

Temperatura máxima °C-2015																																
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
Enero	20,50	19,00	21,80	20,70	20,50	20,80	20,00	19,80	17,00	18,50	20,00	20,30	22,00	20,40	19,90	20,50	20,00	20,00	21,00	18,00	18,50	17,30	17,60	18,30	19,70	21,00	21,20	20,00	20,30	21,00	20,00	19,86
Febrero	18,80	19,10	18,00	18,50	21,00	17,80	17,90	17,20	17,50	20,00	19,00	18,80	20,20	20,30	19,80	23,80	22,00	21,00	20,50	20,70	21,50	21,00	21,60	19,60	18,80	19,20	20,10	20,00	-	-	-	19,78
Marzo	20,50	21,00	20,00	19,00	19,50	19,50	19,60	21,00	18,00	19,00	19,10	21,00	20,90	21,20	22,00	22,00	18,50	20,30	17,00	17,80	17,70	19,90	20,10	19,00	20,30	20,50	21,00	19,70	16,60	18,50	20,50	19,70
Abril	20,30	19,00	18,70	18,80	18,80	19,00	20,00	20,20	18,20	20,00	19,00	19,30	19,00	20,00	18,80	18,80	16,00	19,00	20,00	18,50	20,50	18,50	19,50	20,00	17,80	18,50	21,30	18,80	18,50	20,00	-	19,16
Mayo	20,30	24,00	23,00	20,90	20,00	19,50	20,00	20,10	17,90	18,00	20,20	20,50	18,60	18,60	19,30	18,90	18,00	18,50	18,90	19,20	19,20	19,50	19,00	20,00	19,30	20,50	18,90	18,00	16,50	19,90	17,50	19,44
Junio	19,30	19,00	18,90	18,50	18,00	18,70	19,00	19,00	19,00	19,50	16,50	17,50	18,30	19,00	19,00	19,30	17,50	18,20	17,90	18,00	19,30	18,80	18,90	18,50	18,60	17,00	18,00	18,50	17,80	17,00	-	18,42
Julio	18,80	19,80	19,80	19,30	19,50	18,00	17,80	19,70	19,30	17,80	17,50	16,80	20,00	20,80	18,30	19,80	19,40	18,50	19,30	18,90	17,50	19,00	17,60	19,00	18,20	19,50	18,50	18,70	19,80	17,50	17,90	18,78
Agosto	18,50	19,10	19,60	18,30	19,60	20,00	19,70	18,70	17,00	19,50	18,20	19,00	18,70	18,70	18,40	18,00	19,70	21,30	20,00	20,10	19,80	19,80	19,00	19,40	19,10	18,50	19,40	19,90	19,80	19,60	18,20	19,18
Septiembre	18,10	17,80	21,00	19,80	20,80	18,50	19,20	20,20	20,30	17,50	20,50	20,50	20,30	20,00	20,10	22,00	21,10	20,30	22,00	18,80	20,50	22,20	17,50	19,50	19,00	19,60	19,60	20,80	19,50	21,20	-	19,94
Octubre	19,00	19,80	21,70	19,80	20,50	20,00	21,00	19,70	20,00	20,10	20,20	20,30	20,50	20,60	18,30	18,50	19,50	18,60	20,00	19,90	21,70	21,50	19,80	19,50	20,50	20,40	19,00	19,50	21,20	23,20	22,80	20,23
Noviembre	19,50	19,60	19,10	18,50	17,20	19,00	17,30	20,50	20,00	19,50	21,00	19,50	22,00	20,00	19,00	20,10	18,00	21,50	20,00	20,00	20,20	20,30	19,50	21,00	20,90	21,00	20,90	19,80	21,00	18,50	-	19,81
Diciembre	18,50	19,00	19,50	19,00	18,50	19,00	19,50	17,50	20,00	20,50	20,30	20,80	20,90	21,50	22,00	21,00	21,50	18,00	18,90	19,50	21,00	21,20	21,10	21,80	22,00	20,00	20,50	21,00	21,50	19,10	21,00	20,18
Temperatura máxima °C-2016																																
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
Enero	21,90	19,00	22,30	19,90	21,50	19,00	22,30	21,50	22,10	22,00	21,50	22,50	21,00	20,00	21,90	23,00	23,30	23,20	21,50	21,50	21,60	22,00	22,00	21,20	23,60	23,00	24,10	22,50	23,50	24,00	22,00	21,95
Febrero	24,00	22,50	23,70	21,70	21,70	22,80	21,00	19,00	21,30	20,40	23,00	20,70	22,30	22,90	20,50	22,50	22,50	23,10	24,20	21,30	19,70	18,90	24,20	22,50	21,60	21,00	24,10	22,80	23,00			22,03
Marzo	23,00	23,00	23,50	23,60	24,00	23,70	23,10	22,90	22,80	22,00	22,40	22,30	22,90	23,00	22,80	23,00	22,70	21,70	22,10	23,00	22,00	21,50	19,00	23,40	20,00	22,00	21,60	24,10	23,00	21,10	18,50	22,38



Temperatura mínima °C-2015																																
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
Enero	4,10	3,90	4,50	5,10	4,20	1,00	2,00	4,10	7,10	7,20	7,00	7,50	5,10	9,10	10,90	6,50	6,50	8,30	10,20	8,00	10,20	11,00	7,00	8,00	8,70	3,00	4,00	6,80	6,80	3,00	10,50	6,49
Febrero	11,00	10,90	10,00	10,50	11,30	9,10	7,10	8,50	11,00	9,60	9,10	10,50	10,50	10,50	11,00	6,00	3,10	7,10	7,00	4,50	4,00	5,10	6,00	7,30	7,10	10,00	7,10	8,60	-	-	-	8,34
Marzo	8,00	8,90	10,00	12,10	9,20	11,00	9,50	10,50	9,50	11,00	12,10	7,00	8,50	11,50	8,00	9,50	11,50	12,20	11,00	10,50	11,30	5,00	5,30	8,50	10,20	9,80	9,90	6,70	7,00	11,00	9,70	9,55
Abril	10,80	11,00	9,50	11,00	9,10	11,90	10,50	12,00	12,20	11,80	9,50	11,80	9,70	11,00	10,90	11,00	10,90	11,50	10,70	11,10	11,10	8,50	10,50	9,00	7,50	11,50	8,90	11,90	6,50	8,00	-	10,38
Mayo	11,70	5,00	7,00	10,00	8,00	7,00	8,50	9,00	12,00	11,00	9,50	9,30	8,00	11,80	10,80	10,00	9,50	11,00	10,50	11,00	11,70	11,00	10,90	8,00	12,00	11,10	11,50	8,70	10,50	8,00	9,50	9,79
Junio	11,00	11,00	9,30	10,50	11,00	9,90	6,50	8,50	10,50	11,10	10,00	10,40	9,20	9,40	10,20	9,00	10,30	11,30	11,50	10,50	9,50	11,00	12,00	11,80	10,70	11,30	11,10	10,50	11,20	6,10	-	10,21
Julio	9,00	10,00	7,80	12,00	11,80	8,50	8,00	8,30	7,00	10,50	12,00	10,60	6,90	10,50	10,60	10,80	9,00	10,00	9,60	11,00	10,50	10,00	9,80	6,50	9,30	8,70	11,00	8,30	10,20	10,25	9,00	9,60
Agosto	6,80	11,70	7,50	11,90	12,10	9,50	10,50	10,10	9,90	3,70	10,00	8,50	9,20	9,10	8,80	11,30	9,50	9,00	8,30	10,70	10,50	10,60	8,00	11,30	8,50	8,70	8,00	9,60	8,50	6,80	10,20	9,32
Septiembre	10,50	4,00	6,30	7,30	6,00	9,80	11,00	7,90	10,10	10,20	10,10	6,80	3,70	9,50	6,80	6,30	10,30	10,50	8,60	11,20	9,20	7,80	9,10	8,30	5,80	5,00	5,70	5,00	8,10	9,90	-	8,03
Octubre	9,10	10,40	11,10	7,80	7,80	8,30	6,50	11,20	7,30	5,80	10,30	11,40	8,50	11,50	11,00	11,30	8,80	10,50	9,00	5,50	7,50	3,00	11,00	7,30	10,80	10,70	8,70	10,00	5,10	4,50	4,80	8,60
Noviembre	11,50	10,00	10,30	12,00	11,50	10,20	12,20	10,10	9,80	7,90	9,00	7,80	8,00	11,00	12,00	10,10	12,00	10,50	12,00	10,50	11,00	10,80	9,30	10,10	8,50	8,00	8,00	10,00	9,50	11,00	-	10,15
Diciembre	10,90	11,00	10,00	8,50	10,00	11,90	8,50	6,00	4,00	2,90	4,10	2,00	5,00	7,20	5,00	3,10	6,00	9,00	7,50	9,00	7,50	6,00	12,50	4,50	8,00	6,00	7,00	2,50	7,80	7,70	12,00	7,20

Temperatura mínima °C-2016																																
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PROMEDIO
Enero	7,60	9,00	5,50	9,50	9,20	10,30	9,50	11,70	7,50	5,20	4,00	10,50	4,00	8,00	2,00	2,50	3,70	4,10	2,00	5,70	6,00	9,50	9,70	5,80	4,50	4,00	7,00	3,00	4,00	4,10	6,00	6,29
Febrero	4,00	2,30	4,90	8,90	9,50	5,50	8,00	12,20	8,00	10,50	7,50	9,00	10,50	10,40	8,00	12,00	10,50	8,50	9,00	11,30	13,00	12,50	8,00	10,20	7,90	10,00	11,00	9,50	9,00	-	-	9,02
Marzo	10,90	10,50	9,00	6,00	7,00	7,90	9,50	9,00	11,50	6,60	10,50	12,00	11,00	12,20	12,10	9,90	11,00	11,30	12,00	13,00	11,00	8,00	11,30	5,00	4,40	5,00	7,00	10,80	10,20	9,50	11,50	9,57

<b>Temperatura media ° C 2015</b>	
<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>
<b>Enero</b>	13,30
<b>Febrero</b>	13,80
<b>Marzo</b>	13,90
<b>Abril</b>	14,05
<b>Mayo</b>	14,05
<b>Junio</b>	13,90
<b>Julio</b>	13,50
<b>Agosto</b>	13,50
<b>Septiembre</b>	13,50
<b>Octubre</b>	13,60
<b>Noviembre</b>	13,70
<b>Diciembre</b>	13,40
<b>Temperatura media ° C 2016</b>	
<b>Enero</b>	13,20
<b>Febrero</b>	13,70
<b>Marzo</b>	14,00

<b>Humedad relativa % 2015</b>	
<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>
<b>Enero</b>	82,00
<b>Febrero</b>	82,00
<b>Marzo</b>	81,00
<b>Abril</b>	84,00
<b>Mayo</b>	86,00
<b>Junio</b>	86,00
<b>Julio</b>	85,00
<b>Agosto</b>	87,00
<b>Septiembre</b>	87,00
<b>Octubre</b>	86,00
<b>Noviembre</b>	88,00
<b>Diciembre</b>	84,00
<b>Humedad relativa % 2016</b>	
<b>Enero</b>	83,00
<b>Febrero</b>	82,00
<b>Marzo</b>	85,00

<b>Viento 2015</b>		
<b>Mes</b>	<b>Velocidad m/s</b>	<b>Dirección</b>
<b>Enero</b>	4,50	ESTE
<b>Febrero</b>	4,50	ESTE
<b>Marzo</b>	5,50	ESTE
<b>Abril</b>	4,50	ESTE
<b>Mayo</b>	3,50	SURESTE
<b>Junio</b>	5,50	SURESTE
<b>Julio</b>	6,50	SURESTE
<b>Agosto</b>	5,50	SURESTE
<b>Septiembre</b>	4,50	SURESTE
<b>Octubre</b>	3,50	ESTE
<b>Noviembre</b>	3,50	ESTE
<b>Diciembre</b>	3,50	ESTE
<b>Viento 2016</b>		
<b>Enero</b>	3,5	ESTE
<b>Febrero</b>	4,5	ESTE
<b>Marzo</b>	4,5	ESTE

## **11.5 ANEXO 4. Dotación población**

Datos Conocidos		Población Proyectada						Nivel de Complejidad del Sistema	Dotación Neta Máxima (L/hab*dia)	Dotación Bruta (L/hab*dia)	Qm(L/S)	QMD (L/S)	QMH (L/S)
Años	Número de habitantes	M .Aritmético	M .Geométrico	M. Exponencial	Promedio	% Población Flotante (15%)	Población de Diseño						
1990	25												
2000	79												
2005	165												
2014	225												
2015		233	227	243	235	35	270	<b>BAJO</b>	90	120,00	0,37	0,49	0,80
2016		242	229	269	246	37	283		90	120,00	0,39	0,51	0,84
2017		250	230	297	259	39	298		90	120,00	0,41	0,54	0,89
2018		259	232	327	273	41	314		90	120,00	0,44	0,57	0,93
2019		267	234	361	288	43	331		90	120,00	0,46	0,60	0,99
2020		276	236	399	304	46	349		90	120,00	0,48	0,63	1,04
2021		284	238	441	321	48	369		90	120,00	0,51	0,67	1,10
2022		293	239	486	340	51	391		90	120,00	0,54	0,71	1,16
2023		301	241	537	360	54	414		90	120,00	0,57	0,75	1,23
2024		293	239	593	375	56	431		90	120,00	0,60	0,78	1,28
2025		301	241	655	399	60	459		90	120,00	0,64	0,83	1,37
2026		310	243	723	425	64	489		90	120,00	0,68	0,88	1,46
2027		318	245	798	454	68	522		90	120,00	0,72	0,94	1,55
2028		327	247	881	485	73	558		90	120,00	0,77	1,01	1,66
2029		335	249	972	519	78	597		90	120,00	0,83	1,08	1,78
2030		344	251	1073	556	83	639		90	120,00	0,89	1,15	1,90
2031		352	253	1185	597	90	686		90	120,00	0,95	1,24	2,04
2032		361	255	1308	641	96	737		90	120,00	1,02	1,33	2,20
2033		369	257	1444	690	104	794		90	120,00	1,10	1,43	2,36
2034		378	259	1595	744	112	855		90	120,00	1,19	1,54	2,55
2035		386	261	1760	802	120	923		90	120,00	1,28	1,67	2,75
2036		395	263	1943	867	130	997		90	120,00	1,38	1,80	2,97
2037		403	265	2146	938	141	1079		90	120,00	1,50	1,95	3,21
2038		411	267	2369	1016	152	1168		90	120,00	1,62	2,11	3,48
2039		420	269	2615	1101	165	1267		90	120,00	1,76	2,29	3,77
2040		445	276	2887	1203	180	1383		90	120,00	1,92	2,50	4,12