



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 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

Yudy Katherine Castillo Vargas, Cony Gizell Cabeza García

**Universidad la Gran Colombia
Bogotá, Colombia**

Resumen

Mediante esta investigación se estableció el diseño más óptimo para la captación de agua por medio de la niebla y el rocío para el abastecimiento de la población del barrio La Esperanza; se llevó a cabo un estudio detallado de los factores meteorológicos presentes en la zona (precipitación, temperatura, niebla, rocío, viento y punto de rocío), posteriormente se instaló en dicha zona una serie de neblinómetros a diferentes alturas sobre los cerros orientales. Los neblinómetros fueron construidos usando dos tipos de mallas, polipropileno y Raschel e instalados en la dirección predominante del viento, este montaje e instalación permitió identificar que el material más eficiente es la malla tipo Raschel. El éxito en la recolección de agua del montaje de mallas tipo Raschel ayudó al diseño de un sistema de captación de mayor envergadura imitando la forma geométrica de una colmena y la estructura molecular del diamante y el grafito, el cual permitirá recolectar la mayor cantidad de agua de niebla y rocío dado que dicho sistema consta de una estructura de cuatro niveles donde el agua recolectada es atrapada y condensada por las mallas y enviada a la parte inferior del montaje, la cual será recolectada por láminas de policarbonato alveolar y drenada mediante un tubo, el cual tiene en su interior los estratos de material granular a forma de filtro casero y enviada hacia los tanques de almacenamiento. 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 ser afectadas por la acción indiscriminada del hombre.

Palabras clave: neblinómetro; polietileno; polipropileno

Abstract

Through this research the optimal design for water collection was established through the fog and dew to supply the population of La Esperanza; It conducted a detailed analysis of meteorological factors present in the area (precipitation, temperature, fog, dew, wind and dewpoint) study, a series of neblinómetros subsequently settled in that area at different heights above the eastern hills. The neblinómetros were built using two types of mesh, polypropylene and raschel and installed in the prevailing wind direction, this assembly and installation allowed us to identify the most efficient material it is Raschel mesh. Successful water harvesting assembly mesh type Raschel helped design a system to capture larger imitating the geometric shape of a beehive and the molecular structure of diamond and graphite, which would collect more water fog and dew since that system consists of a four-level structure where the collected water is trapped and condensed by the meshes and sent to the bottom of the assembly, which will be collected by sheets of alveolar polycarbonate and drained through a tube, which has within the layers of granular material form of home and sent to storage tanks filter. The implementation of large collectors generates a large contribution to the problems of shortages presented in different parts of the country, because it can be a solution in times of drought, the use of this technology will allow you to have an alternate source without intervening areas that may be affected by indiscriminate action of man.

Keywords: *neblinómetro; polyethylene; polypropylene*

1. Introducción

El presente trabajo hace referencia a una alternativa de abastecimiento de agua que permite recolectar el rocío y niebla, como una solución al problema de desabastecimiento de agua que afronta 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 (ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, 2011). Actualmente 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 es 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 un diseño de 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 a los pozos existentes y de allí transportar el agua por el sistema que actualmente existe, por otra parte, establecer la eficiencia de las mallas tipo Raschel y polipropileno (las cuales fueron evaluadas en los meses de febrero y marzo del 2016), a través de neblinómetros ubicados a tres diferentes alturas con el fin de determinar la altura que mayor favorece a la zona.

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.

2. Metodología

2.1 Fase I- Evaluar la cantidad de agua atmosférica presentada en la zona de estudio

Para el desarrollo de esta fase se tomó como fuente el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), el cual permitió obtener los valores diarios de las variables que fueron analizadas en la zona tales como: precipitación, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa; los datos se tomaron en el periodo comprendido de enero de 2015 hasta Marzo de 2016 y fueron tabulados y graficados mensualmente para obtener la variación. Mediante la obtención de estos datos se pudo calcular variables como el punto de rocío y el balance hidrológico de la zona de estudio.

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 implementó un modelo de recolección de rocío y niebla que permitió calcular la cantidad de agua recolectada, para ello se dispuso de un neblinómetro, este dispositivo está compuesto por: 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 hincados a un 1m que permite sostener las mallas, una canaleta en tubo de 4" que recibe el agua condensada que desciende por las mallas, una bajante de 2" que transportara el agua hacia los garrafones de 22 litros que recolecta el agua, los garrafones fueron enterrados para evitar que se derrame el agua al ser derribados por la acción del viento o del hombre.

Se instalaron seis neblinómetros que se ubicaron a diferentes alturas y hacia la dirección predominante del viento sobre los cerros orientales, se instaló 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.

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

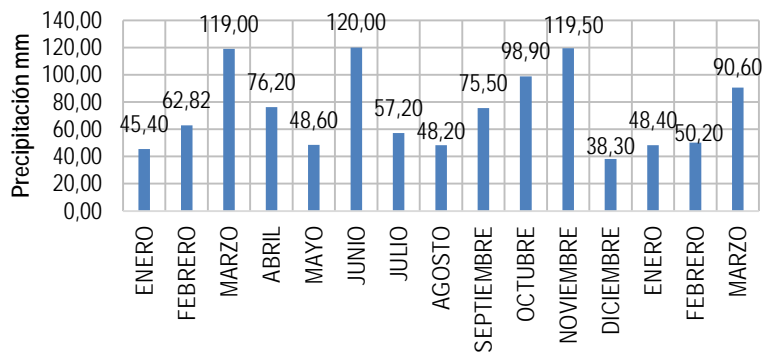
Una vez determinado el material que presente mayor eficiencia, se procedió al diseño de una estructura que permite la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla, esta estructura fue diseñada a partir de los diferentes parámetros de resistencia a los diferentes factores meteorológicos presentes en la zona de estudio.

3. Análisis y resultados

3.1 Fase I- Evaluar la cantidad de agua atmosférica presentada en la zona de estudio

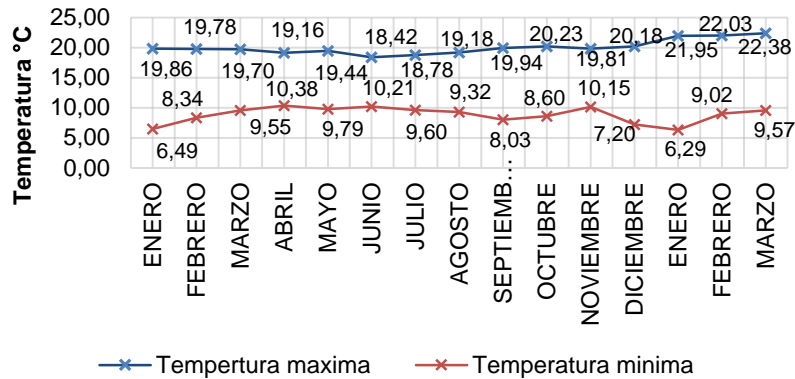
El promedio de lluvia en los cerros orientales-barrio La Esperanza durante el año 2015 fue 28.55 mm, en los meses de enero, febrero, abril, mayo, julio, agosto, noviembre y diciembre la precipitación fue mínima presentando niveles entre 40 y 60 mm; en los meses de marzo, junio, octubre, septiembre la precipitación aumentó presentando niveles entre 70 y 120 mm.

Figura 1. Precipitación mensual año 2015-2016



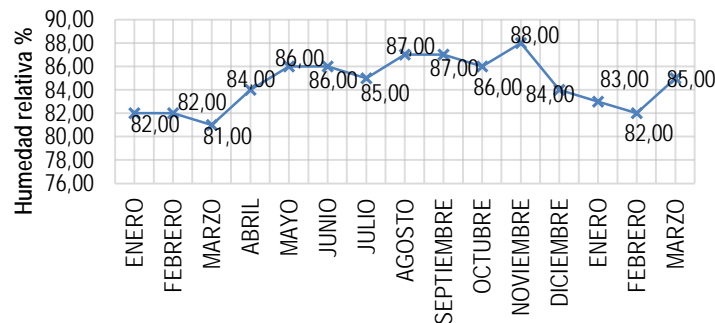
El promedio de temperatura máxima en los cerros orientales-barrio La Esperanza durante el año 2015 estuvo en 19.54 °C, estas temperaturas varían constantemente debido a las heladas presentadas en la madrugada en donde la temperatura ha llegado a estar en 2°C

Figura 2. Temperatura máxima mensual año 2015-2016



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.

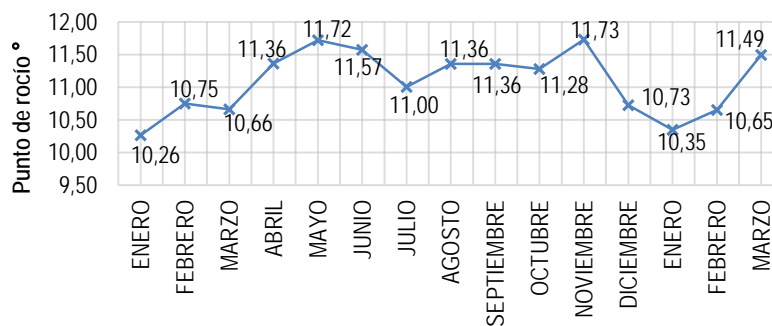
Figura 3. Humedad relativa mensual año 2015-2016



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

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} * [112 + (0.9 * T)] + (0.1 * T) - 112 \quad (1)$$

Figura 4. Punto de rocío mensual año 2015-2016



3.2 Fase II- Determinar la eficiencia de un sistema de recolección de agua por rocío y niebla mediante mallas de polipropileno y Raschel

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.

Tabla 1
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

Para la instalación de los neblinómetros 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.

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 5.

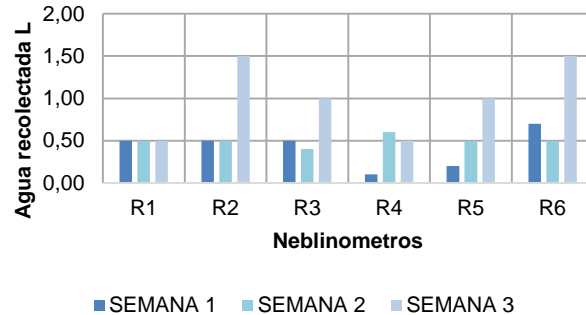
Figura 5. Neblinómetros ubicados a 3181y 3165 msnm.



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

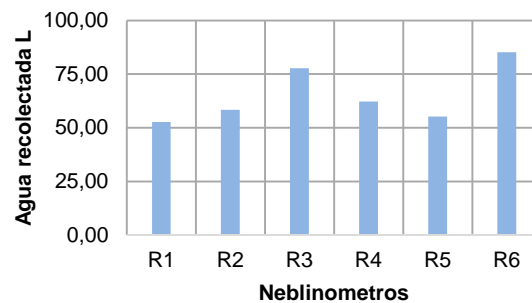
eficiencia de las mallas obteniendo como resultado que la malla que recolectó mayor cantidad de agua fue la malla Raschel; obteniendo mejor resultado en las tres alturas con respecto a la malla de polipropileno.

Figura 6. Recolección de agua semanal mes de Febrero.



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 Figura 7.

Figura 7. Recolección de agua diaria mes de Marzo.



3.3 Fase III- Diseñar una estructura que permita la mayor captación de agua por medio de rocío y niebla en la zona de estudio

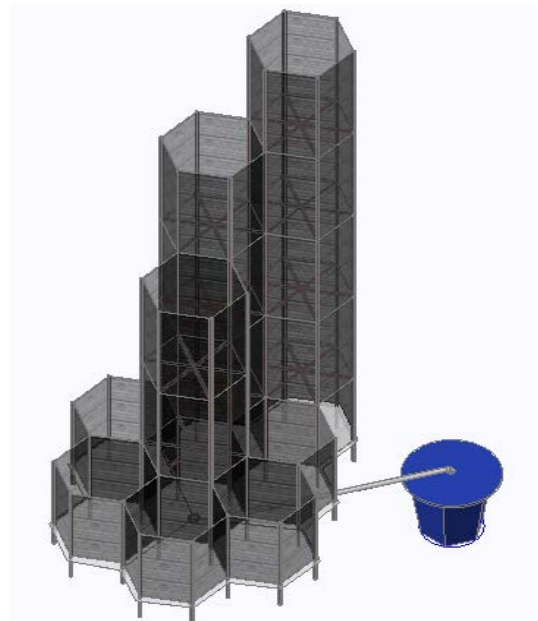
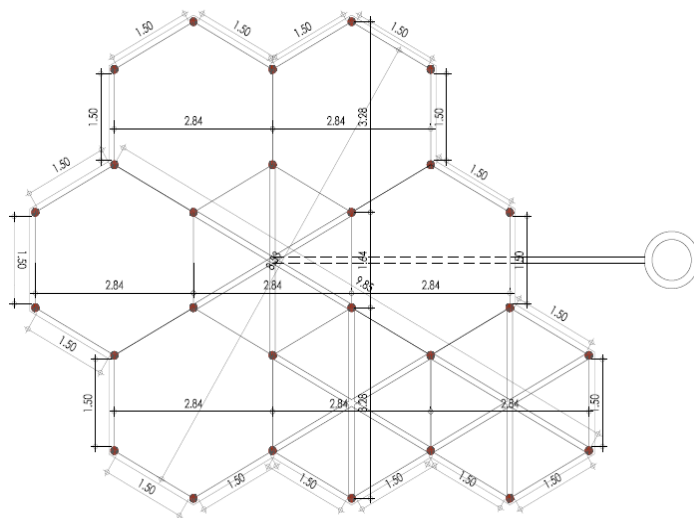
Una vez instalados los sistemas en el lugar de estudio se pudo determinar que el material que presento mayor eficiencia es la malla tipo Raschel recolectando en promedio 2.66 L/m²-dia.

Las mallas tipo Raschel fueron instaladas a diferentes alturas al nivel del mar que van desde los 3165msnm hasta los 3181msnm, 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 de cuatro niveles y emulará la estructura molecular del diamante y el grafito. La geometría hexagonal de los paneles permitirá captar la niebla y el rocío en las diferentes direcciones del viento; estará compuesto por 28 postes de madera inmunizada, los cuales permitirán soportar las mallas tipo Raschel que tendrá una superficie captadora de 450 m², 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 a una

tubería con un filtro casero (piedras, grava, arena, carbón activo y algodón) que decantara y filtrara el agua antes de su paso por la red de distribución, finalmente el agua filtrada será almacenada en un tanque plástico de 1500 L para la disposición de la comunidad.

Según los datos recolectados, la estructura y características físicas del modelo propuesto, este, captará un aproximado de 1197 L/día. El costo de elaboración de un captador es aproximadamente \$ 11.598.700.

Figura 8. Modelo sistema de captación vista en planta e isométrico.



4. Conclusiones

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.

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) es del 50% permitiendo el paso del viento de una manera más efectiva, en cambio la malla de polipropileno presenta un porcentaje de sombra del 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 a menor altitud mayor será la recolección de agua, prueba de esto son los 85,20 L de agua recogidos en un mes lo cual equivale a un promedio de 2,66 L/m²-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/m²-día recolectados a 3181msnm.

5. Referencias

- Alcaldía mayor de Bogotá (2011.Noviembre).Diagnostico local con participación social 2011, localidad 02-Chapinero.Consultado el 22 de Marzo de 2016 en http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Localidades/Chapinero/Diagnostico_Local_Participacion-Hospital_Chapinero-2011.pdf.
- Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (2007). Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del rio Tunjuelo. Milenios editores e impresores. Bogotá D.C., pp. 8-59.
- GONZALEZ DEL CARPIO, Cristhian (2010). Navegando en la atmosfera: Meteorología aeronáutica. México: Instituto politécnico nacional. Consultado 26, Marzo, 2016 en: <http://site.ebrary.com.ugc.elogim.com:2048/lib/biblioulagrancolsp/reader.action?docID=10417987&ppg=8>.

Sobre los autores

- **Yudy Katherine Castillo Vargas:** Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia. yudykcv@gmail.com
- **Cony Gizell Cabeza García:** Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad La Gran Colombia. cony.gizell22@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)