



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ARAGON**

**RECOLECCIÓN DE AGUA  
POR ROCÍO Y NIEBLA**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**GODÍNEZ HINOJOSA TAIGUEL LESLI**

**DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNANDEZ**

**San Juan de Aragón, Edo. de México, a abril de 2013.**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

INTRODUCCIÓN.....	2
<b>I. CONSIDERACIONES GENERALES.....</b>	<b>4</b>
1.1 Antecedentes históricos.....	4
1.2 Principios básicos.....	14
1.3 Elementos constitutivos.....	17
1.4 Biomimética.....	22
1.5 Impacto ambiental.....	24
1.6 Ubicación y localización.....	25
<b>II. PARAMETROS DE LA CAPTACIÓN.....</b>	<b>26</b>
2.1 Información básica del lugar.....	26
2.2 Dispositivos de medición y cuantificación de agua de rocío y niebla.....	30
<b>III. CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>33</b>
3.1 Proyecto y construcción del modelo SCARN-MEX.....	33
3.2 Elección del sitio.....	44
3.3 Resultados.....	57
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>

# INTRODUCCIÓN

El acceso al agua de calidad y en cantidad suficiente ha sido el eje central de la vida humana, actualmente esto ha condicionado al desarrollo de proyectos, que garanticen la disponibilidad necesaria para su consumo con adecuación oportuna a las circunstancias y necesidades poblacionales.

Para que este tipo de proyectos cumplan su fin, deben reunir ciertas características, tales como mantener constante la participación ciudadana, mantenerse en auto sustentabilidad, e interesarse en todo momento en procurar la practicidad, eficiencia y bajo costo.

Es así que en el desarrollo del presente análisis, se plantea como **objetivo** principal la captación de niebla y rocío para la obtención de agua, como un proyecto que cumpla los puntos arriba mencionados; para conseguir un resultado adecuado se toman en cuenta aspectos hídricos de la zona, de los materiales empleados para su construcción, y el abastecimiento de agua potable, hacia las zonas que no cuentan con este servicio o que es limitado, enfocándose principalmente a las características de México.

Por otra parte, es importante señalar, que la técnica para captar el agua potable a través del rocío y la niebla no tiene gran difusión en el país, es por esa razón que nace la inquietud por tratar el tema, ya que se tienen zonas poblacionales totalmente contrastantes en cuanto a nivel de servicios públicos se refiere.

Por lo que los temas se tratan de manera funcional, dispuestos en un orden accesible para una mejor comprensión:

## - Capítulo 1:

Consideraciones Generales: comprende desde los parámetros básicos y necesarios de los diferentes sistemas de captación de agua, hasta las experiencias aplicadas en otras áreas geográficas del planeta.

## **-Capítulo 2**

Contiene los Parámetros de Captación: descripción de las condiciones básicas necesarias para que un colector de agua por rocío y niebla sea funcional.

## **-Capítulo 3**

Referida hacia la experimentación con un caso práctico, donde se coloca a prueba un nuevo diseño: se plantea su funcionalidad y eficiencia en México, especialmente en el Distrito Federal, dando apertura a que este proyecto solo sea un comienzo para sufragar las deficiencias de agua potable en nuestro país con estos sistemas.

# CAPÍTULO I

## CONSIDERACIONES GENERALES

### 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La necesidad de tener un abastecimiento de agua ha orillado a distintos pueblos a buscar nuevas formas de captarla. Un ejemplo de esto es en Canadá, donde un grupo de personas desde el año 1987 preocupadas por la escasez de agua potable en distintas regiones, emprenden estudios y proyectos para captarla y en el año 2000 fundan la “ONG FogQuest<sup>1</sup>”.

Este grupo ha implementado un proyecto a nivel internacional denominado “Atrapanieblas” o “Colectores de Niebla” (Fig. 1), el cual ha beneficiando a muchas comunidades. A continuación describiremos de manera breve el desarrollo que ha tenido esta tecnología a nivel mundial.



Fig. 1.- Colector de niebla

#### **Chile - el Tofo / Chungungo (1987 – 2002)**

Los colectores de niebla de gran tamaño, Ubicados en El Tofo, Chile, se desarrollaron como resultado de una propuesta de tres instituciones chilenas. La Institución Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá,

---

<sup>1</sup> Organización canadiense sin fines de lucro, dedicada a la planificación y ejecución de proyectos de agua potable en comunidades rurales a nivel internacional.

realizó en 1985, varios prototipos de colectores de niebla, y fue hasta 1992 cuando el pueblo de Chungungo cambio su anterior suministro de agua, que consistía en traer agua por camión y su almacenamiento en bidones de aceite, por un chorro de agua de niebla en cada uno de los hogares (más de 100). Un promedio de 15,000 litros de agua potable se proporcionó cada día del año, con una producción pico de agua superior a 100,000 litros por día.



Fig.2 Atrapanieblas colocados en el Tofo

El sistema estuvo en funcionamiento más de diez años y el pueblo creció en tamaño desde 300 a más de 600 residentes permanentes, con una población de varios miles en el verano. Esto revocó la migración a las grandes ciudades por la escasez de este servicio. Sin embargo una mala decisión política hizo que se dejaran de reparar y mantener los sistemas de abastecimiento de agua de niebla y provoco que se propusiera una fuente alternativa de agua convencional para servir a la creciente comunidad. Como consecuencia, los políticos locales han estado pidiendo una tubería o una planta de desalinización, con un costo de hasta \$1.000.000 USD el resultado fue que a principios de 2002 había cerca de 25 colectores de niebla operando satisfactoriamente y en 2003 no había ninguno. Por lo que nuevamente, el agua se suministra una vez más a un alto costo por camión.

### ***Sultanato de Oman<sup>2</sup> (1989-1990)***

Lugar donde se colocaron una serie de Atrapanieblas en el verano de los años 1989 y 1990, logrando tasas promedio de captación de agua de 30 m<sup>3</sup>/día, debido principalmente a la espesa niebla y a los fuertes vientos durante el monzón del suroeste, en las montañas de Dhofar en esa época del año, limitando la disponibilidad del agua en esta región sólo a un par de meses al año.



Fig.3 Ciudad del Sultanato de Omán donde se aprecia su región montañosa

A pesar de que el agua captada era potable<sup>3</sup>, no satisfacía el requerimiento poblacional y se abandono el proyecto (aunque en los últimos años, sigue latente un gran interés en hacer uso nuevamente del recurso de niebla).

Por las características de la zona, arriba mencionadas, fue aquí donde se realizaron trabajos precursores en la recopilación de niebla.

---

<sup>2</sup> Se encuentra en el extremo oriental de la Península Arábiga

<sup>3</sup> Cereceda, P.; Schemenauer R.S.; Suit, M. (1992). An alternative water supply for Chilean coastal desert villages. Intl. J. Water Resources Development, 8, pp. 53 - 59.



### Namibia (1996-2001)

Namibia se encuentra ubicado en el sudoeste de África, y gran parte de su territorio está ocupado por desierto. La cantidad de lluvia en este país es muy baja, sin embargo a pesar de la aridez en la zona, la niebla costera es muy frecuente y varía relativamente poco de un año a otro. Lo que aprovecharon para colocar una serie de colectores de niebla y rocío, que abastecieron de agua a los pueblos circundantes –Topnaar, entre otros- y se logró una tasa de recolección promedio en todo el año, ***sin la presencia de niebla*** de 1 m<sup>3</sup>/día, y en las épocas cuando existen episodios de niebla se recolectan hasta 12 m<sup>3</sup>/día de agua potable.

Este Proyecto en Namibia está en espera de recibir fondos para la construcción de colectores más grandes y que puedan resistir los fuertes vientos de la región.

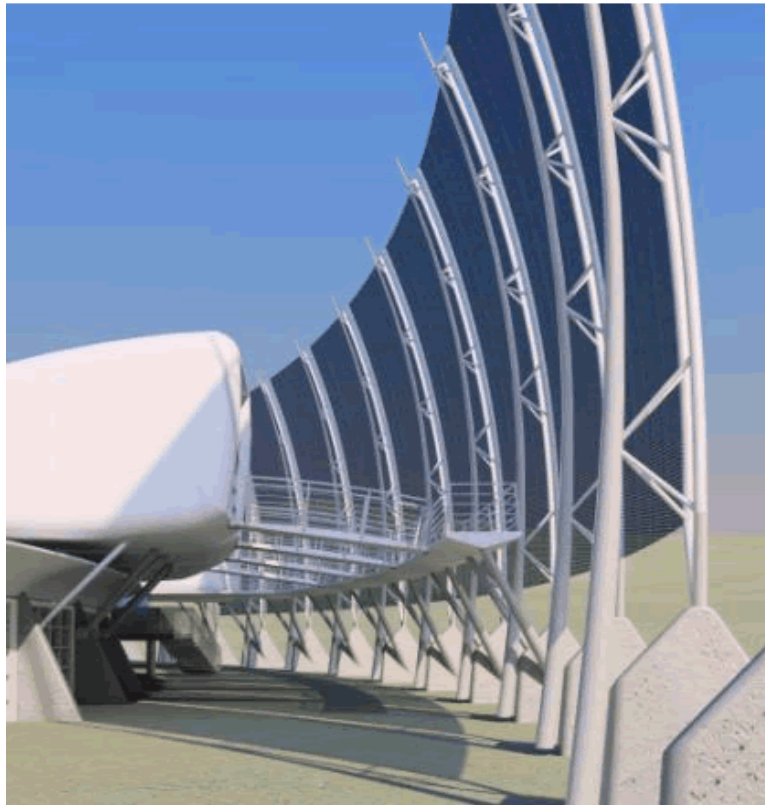


Fig. 4 Namibia y sus colectores de niebla

### Chile - Falda Verde (2001 - En curso)

Los colectores de niebla han sido la producción de agua durante nueve años en esta región, proporcionando agua para cultivos de aloe-vera comercial para la gente de Falda Verde, localidad costera ubicada al norte de Chile.

El proyecto se inició a mediados de 2001 para abastecer de agua a la localidad. En donde la precipitación media anual es de 30 mm, Los seis primeros colectores de niebla están ubicados sobre un acantilado de 600 m. de altura, por encima de la superficie agrícola. Una tubería lleva el agua a un invernadero localizado a 100 metros sobre el nivel del mar. El invernadero inicialmente contaba con casi 900 plantas de tomate, La cantidad de agua recolectada en estos colectores es de 430 litros por día a partir de los seis colectores.



Fig. 5 Captadores de niebla en Chile Falda Verde

En el año de 2007 el sistema creció a 10 colectores que proporcionaban 600 litros al día para los invernaderos y plantaciones de aloe-vera. El agua para el

aloe-vera se distribuye a través de un sistema de riego por goteo. El progreso constante en el sitio, además de los modestos ingresos turísticos de los visitantes al sitio, le da la seguridad de que este proyecto continuará en los próximos años

### **Israel (2002-2010)**

Localizado en Oriente Medio, Israel cuenta con precipitaciones y redes de agua potable insuficientes, pero se produce con gran frecuencia el rocío (por arriba de 200 días al año); mientras que la niebla en la zona es menos común (menos de 50 días al año).



Fig. 6 Perlas de rocío sobre una tela de araña en Hula, Israel

En 2002 se inicio el proyecto para aprovechar estas condiciones naturales y se colocaron una serie de colectores de niebla y rocío en el norte del país. Las cantidades de agua captada fueron utilizadas en el hogar, jardín y en aplicaciones agrícolas. Este proyecto está en espera de conseguir fondos para su manutención y crecimiento desde el año 2010.

## Yemen - Hajja / Mabijan<sup>4</sup> (2003-2005)

Es en los meses de Enero a Marzo, cuando las precipitaciones son prácticamente inexistentes, y la necesidad de agua es muy alta en la región, pero existe niebla y fue por ello que se decidió aprovechar estas condiciones colocando una serie de colectores de niebla. En Enero de 2003 se instalaron, 26 pequeños colectores de niebla estándar y un colector Niebla de gran tamaño, de ahí se obtuvieron datos donde solo el colector de niebla grande proporcionaba 180 litros por día a la comunidad, cantidad suficiente para mantener a 9 personas diariamente.



Fig. 7 Yemen y su espesa niebla

Este proyecto se encuentra en fase de introducción, debido a que estos sistemas deben crecer de igual forma que la comunidad para proporcionar un abastecimiento óptimo de agua a la comunidad.

---

<sup>4</sup> Situado en el Mashreq, al sur de la península Arábiga

### **Eritrea – Asmara (2005 – En curso)**

Ubicado al noroeste de África, cerca de la ciudad capital de Asmara, el proyecto de recolección comenzó en el año 2005, cuando se observó que en la región, a altitudes de aproximadamente 2,000 a 2,500 metros, existía niebla muy densa. Fue así como se decidió colocar 10 colectores de niebla y rocío, los cuales proporcionan agua para una escuela en Nefasit.

La escuela cuenta con casi 1,500 estudiantes de primaria y secundaria, que no disponen de agua potable durante sus jornadas. El agua que es recolectada, pasa a través de un tanque de sedimentación de 1,000 litros, hacia cinco tanques de 3,000 litros. Es aquí donde los estudiantes tienen acceso al agua en un puesto de grifo con diez llaves.



Fig. 8 El primer colector dual en Nefasit está listo para funcionar

Con ayuda de estos cálculos, y de los buenos resultados que han dado los colectores de niebla y rocío en la región, se planea colocar cuarenta colectores, los cuales produciría unos 12,000 litros por día, lo suficiente para dotar a una población de 800 personas de agua potable.

### Guatemala - Tojquia<sup>5</sup> (2006 - En curso)

Dadas las condiciones del terreno y la necesidad de tener agua potable para la comunidad, se implantaron 4 colectores de niebla y rocío, que producen 4 m<sup>3</sup>/día durante la temporada seca y un promedio mensual de 11 m<sup>3</sup>/día en la temporada de lluvia. El área donde se instalaron los dispositivos fue menos de 160m<sup>2</sup>.



Fig. 9 Revisión de los colectores colocados en Guatemala

En el transcurso del 2007 al 2009 se añadieron mas colectores de niebla, llegando a 28 en total, que producen un promedio de 5,000 litros de agua potable en temporadas secas y mantiene a 27 familias de la región y a sus animales. En el 2010 se añadieron otros dos colectores y con la ayuda del aprendizaje del manejo óptimo de las condiciones regionales se ubicaron de manera estratégica para conseguir una dotación de 6,000 litros por día en temporada seca.

El proyecto sigue en curso y se espera instalar más colectores para mantener a la creciente comunidad de Tojquia.

---

<sup>5</sup> Ubicada en las montañas de los Cuchumatanes, Guatemala, se encuentra a una altura de 3,300 metros



### **Chile – Desierto de Atacama (2007 - En curso)**

En este árido desierto, los captadores de niebla y rocío se iniciaron como un proyecto ambiental y educativo en la región, para que estudiantes y profesores se capaciten y difundan activamente esta técnica beneficiando a su propia comunidad. Para tal efecto colocaron dos dispositivos, uno de ellos suministra agua para una plantación, con una recolección diaria de 300 litros por día de agua potable, el segundo suministra agua a una escuela.

El proyecto se revisa periódicamente, ya planean incrementar el número de captadores cuando los requerimientos de agua sean mayores.



Fig. 10 Colectores del desierto de Atacama

### **Etiopía (2010 – en curso)**

En Etiopía, se desarrolló en el año 2010 un proyecto en el Monasterio Zuquala<sup>6</sup> para proporcionar un suministro de agua de niebla. Este edificio se encuentra en el borde de un volcán extinto al sur de Addis Abeba; en él hay cerca de 700 religiosos que viven en el monasterio y muchos otros agricultores que habitan en la colindancia del lugar.

---

<sup>6</sup> Iglesia ortodoxa etíope

Este proyecto se encuentra en su fase de estudio, ya que se colocaron pequeños colectores para exponer que hay agua suficiente en la niebla y rocío durante la estación seca del año, esto, con el fin de tener un proyecto viable.



Fig. 11 Cada mañana Etiopia se cubre de una densa niebla

## 1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS.

### **Balance Hidrológico.**

El balance hidrológico (BH) plantea el concepto matemático:

*“los recursos hídricos que entran a una sistema<sup>7</sup>, tienen que ser los mismos que salen, en un tiempo determinado”.*

La entrada al sistema puede darse de las siguientes maneras:

- Precipitaciones: de lluvia, nieve, granizo y condensaciones (ocultas).
- las aportaciones de agua subterránea de cuencas vecinas.

Las salidas de agua se presentan en:

---

<sup>7</sup> Los sistemas en estudio, pueden ser un embalse, un lago natural o una cuenca, entre otros



- evaporación: de aéreas vegetales (bosques y aéreas cultivadas), así como también de superficies líquidas como lagos, estanques.
- desviaciones por parte de la acción humana para consumo.
- salidas de la cuenca a través de otras vertientes con salida al mar u otra cuenca.

El balance hidrológico requiere de mediciones de campo meticulosas, que, para fines prácticos, se dividen en aguas superficiales y aguas subterráneas. Si dividimos estas acciones en dos partes, una activa y otra pasiva, tenemos entonces que la parte activa son los escurrimientos (salidas) y la pasiva, las precipitaciones (entradas), por lo tanto, tenemos que:

$$B. H. = \frac{\sum \text{salidas} \left\{ \begin{array}{l} \text{escurrimientos} \\ \text{evaporación} \\ \text{infiltración (nieve y hielo)} \end{array} \right\} = \sum \text{entradas} \left\{ \begin{array}{l} \text{precipitaciones} \\ \text{precipitaciones ocultas} \\ \text{infiltración (nieve)} \end{array} \right\}}{\text{lapso de tiempo}}$$

Algunos estudios tienden a despreciar las evaporaciones y las precipitaciones ocultas (niebla y rocío) ya que representa aproximadamente el 0.001% del volumen total de agua, que se presentan en la atmósfera en estado gaseoso, pero es, precisamente por estos rasgos, que las precipitaciones ocultas, no han sido exploradas del todo sin embargo esta proporción de agua “desperdiciada” puede constituir la fuente de provisión de agua potable para millones de familias en todo el mundo

### **Precipitación oculta (rocío y niebla).**

Como conocemos, la parte fundamental para el ciclo hidrológico, es, sin duda, las precipitaciones, ya sea de forma de gotas de agua, o también por nieve. Las precipitaciones son las encargadas de regular los demás tipos de fuentes (agua superficiales y subterráneas), pero como existe un fenómeno conocido como precipitación oculta, o mejor conocido como rocío.

Se le llama precipitación oculta ya que, los estudios y mediciones de la lluvia, son principalmente enfocados a la intensidad y duración de la caída de agua en

forma de gotas, siendo relegado en segundo plano el rocío, que es el producto de la condensación de el agua que se encuentra en el medio ambiente, esto, aunado a una brusco cambio de temperatura, da como resultado este particular fenómeno natural, ocurrido principalmente durante la noche. Este fenómeno se presenta principalmente en las hojas de diversas plantas que tienen en su superficie, una especie de sustancia hidrófoba, que hace que el agua sobrante (producto de la evaporación antes mencionada) sea repelida y quede sobre las hojas, acumulándose, y después de un pequeño lapso de tiempo, el vapor de agua nuevamente pase a su fase líquida, y he ahí, de cómo, en las mañanas frescas, es seguro encontrar rocío en la vegetación de cualquier lugar.

Para el fenómeno de niebla, que es algo similar al rocío, con la diferencia de que la niebla es parte de la evaporación del agua en su estado gaseoso que se hace más densa, debido también, al cambio de temperatura en la tierra. Este fenómeno se presenta principalmente en zonas elevadas, regido por la ley de Dalton que dice que: “la evaporación es proporcional a la diferencia entre la tensión de vapor a la temperatura del agua de la superficie evaporante y la tensión de vapor real de la atmósfera en ese instante, e inversamente proporcional a la presión atmosférica total, que es la suma de la presión atmosférica más la tensión de vapor<sup>8</sup>”. Es por eso que este fenómeno se presenta con una menor o mayor presencia en terrenos secos y con poca vegetación, o en terrenos elevados y con una vegetación abundante, como lo es también importante la presencia de cuerpos de agua superficial o subterránea y las condiciones meteorológicas del aire.

Cabe mencionar que hay una diferencia entre niebla y neblina, ya que influyen factores como la densidad y el tamaño de las partículas de agua que conforman a cada fenómeno. La niebla es más densa, debido a una mayor cantidad de partículas que la forman, tornándose de un color grisáceo, es por eso que se tiene una baja visibilidad y no permite el paso de la luz solar. La neblina, por su parte, es un caso contrario, ya que al tener una densidad más baja, torna un color blanquecino, debido a la finura de sus partículas, y por lo mismo, permite una mayor visibilidad y el paso de la luz solar.

---

<sup>8</sup> tensión de vapor es la presión parcial del vapor de agua en la partícula de aire considerada

### 1.3 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

Los “Atrapanieblas” son redes de gran tamaño rectangulares, están formados por una malla (generalmente plástica) tejida diagonalmente, lo que favorece el transporte de gotas de agua, cuya textura posee diámetros menores a 2 mm.



Fig.12 Recolección del agua captada por el dispositivo

Están sostenidas verticalmente, con ayuda de postes metálicos tensados, facilitando su estabilidad y manteniendo el captador de niebla y rocío en pie a pesar de la acción del viento. Cuentan con un canal de recolección en el extremo inferior de esta, en él, se va reuniendo el agua que cae por gravedad, y que posteriormente se dirige hacia un lugar de almacenamiento, como puede ser un contenedor plástico.

Los captadores de niebla funcionan de dos maneras para captar el agua: una es con el rocío y otra con la niebla.

En la primera al haber un cambio de temperatura brusco<sup>9</sup> o con el contacto de superficies frías<sup>10</sup>, y es así como la humedad del aire se condensa formando gotas de agua.

En la segunda forma, las mallas deben literalmente atrapar el agua que ya esta liquida en forma de pequeñas gotas en la niebla, es por ellos que la malla debe estar tejida con diámetros muy pequeños.

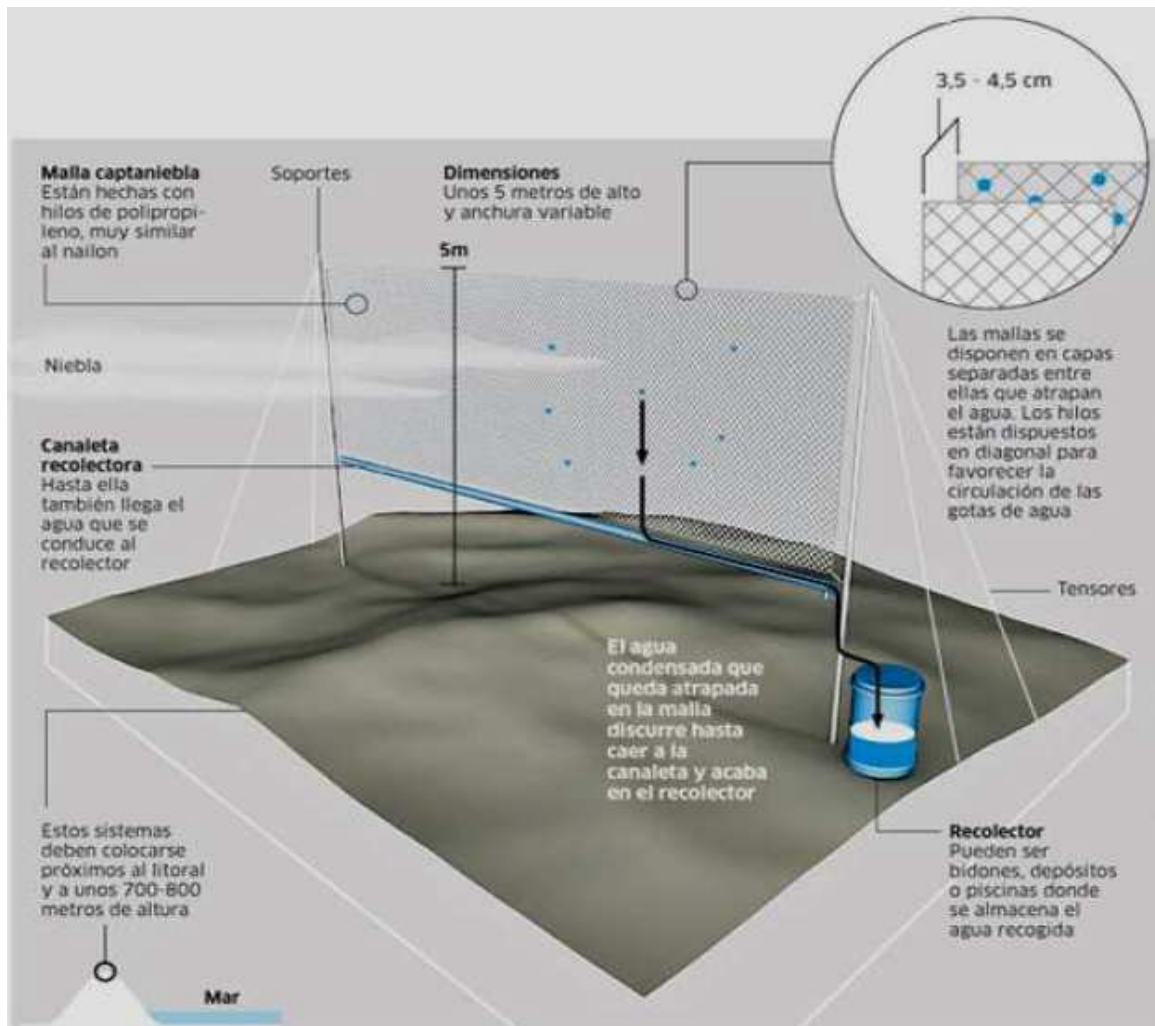


Fig. 13 Partes de un captador de agua de rocío y niebla básico

La superficie de los colectores de niebla que están vigentes y en uso en la actualidad, son mallas de nylon o polipropileno.

<sup>9</sup> En caso que se instale un “Atrapanieblas” en el desierto, existen cambios de temperatura importantes entre el día y la noche

<sup>10</sup> Como la red del “Atrapanieblas”

## **La malla.**

Es un objeto de plástico o metal que evita la absorción de cualquier líquido en su estructura lo que la hace idónea en el transporte y contención de líquidos, ahora bien, al plantear como hacer que el agua dispersa que está en el ambiente en forma de niebla o rocío sea recolectada, se propone una malla precisamente hecha de este material, con algunas propiedades extras para resistir las condiciones climáticas y maximizar la recolección de agua potable y con un diámetro en sus separaciones más pequeño que las gotas que circulan en el ambiente para que estas a su paso queden atrapadas en el sistema.

## **El tejido de la malla**

La mayoría de los colectores tienen una malla de tracción vertical. Sin embargo, estos prototipos básicos requieren urgentemente ser modernizados, principalmente a través de nuevas formas de tejidos y tipos de marcos, siguiendo siempre los principios de ligereza, portabilidad y polivalencia.

Por ejemplo, el lienzo en un colector de niebla convencional toma su eje central en cada uno de sus articulaciones y como resultado todo el sistema se vuelve vulnerable. Después de varias investigaciones<sup>11</sup> en Alemania, se ha explorado el rendimiento relativo en superficies planas paralelas con sistemas poliédricos y con huella hexagonal, con el fin de aumentar el rendimiento de agua recogida en estos sistemas.

Su tejido requiere un aumento de su condición hidrófoba, siendo elástica y con los colores más claros para facilitar el goteo y así evitar su deterioro.

FogHive©<sup>12</sup> es un polivalente ligero, envuelto con una malla hidrofóbica, que puede recoger el agua de la niebla. También funciona como un dispositivo de sombreado, refrigeración y un humidificador de suelo para la vegetación. Su huella es hexagonal y varían sus dimensiones generales como ejemplo uno de sus modelos básicos tienen 12m. de largo y 9 m. de ancho.

---

<sup>11</sup> Dr. Cristian Suau, Cardiff University, Welsh School of Architecture, 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew Münster, Germany, 25–30 July 2010

<sup>12</sup> Marca de la patente del diseño de este tipo de malla

# FOGHIVE

HEXAGONAL CONFIGURATION

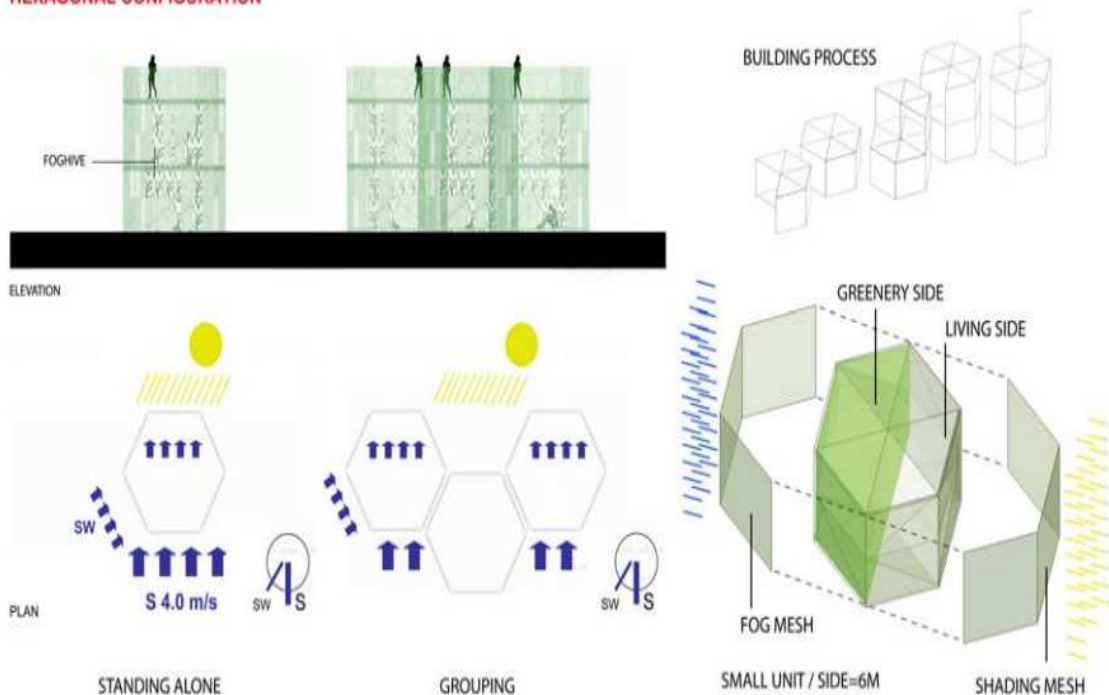


Fig. 14 Planta, alzado y axonométrica del modelo de FogHive©, versión doméstica

## Compuestos de la malla

Shreerang Chhatre Doctor en Ingeniería Química, propuso mejorar los materiales de las redes de niebla de manera que recolectaran más agua. Las redes con las que está trabajando el Doctor están hechas de minúsculas varillas de acero entrelazadas. El metal se recubre con dos materiales, uno que atrae el agua y uno que lo repele.

El objetivo es atraer la niebla a la red, pero una vez que toque la superficie, lo que el Doctor Chhatre pretende es que el líquido rueda por el dispositivo tan rápido como sea posible y sea almacenado en un sitio, esto, debido a que si el agua se queda en la red durante mucho tiempo, se evapora. Este compuesto repelente al agua, actúa parecido al teflón en un sartén, alentando al agua a rodar por la red para la colección.

## **Almacenamiento y Distribución.**

El sistema de almacenamiento y distribución está formado normalmente por un canal de plástico o tubo de PVC con un diámetro aproximado de 110 mm. El cual está dispuesto en la parte inferior de la malla este se conecta a una manguera 20 a 25 mm de diámetro para el transporte al lugar de almacenamiento y/o en el punto de su uso.

El almacenamiento es por lo general, en una cisterna de concreto armado cerrada. Las instalaciones de almacenamiento deben proporcionar al menos 50% del volumen máximo diario de agua consumida. Sin embargo, debido a que el fenómeno de la niebla y rocío no es perfectamente regular día a día, puede ser necesario almacenar agua adicional para satisfacer las demandas poblacionales.



Fig. 15 Atrapanieblas con un sistema de recolección y distribución de PVC



#### 1.4 BIOMIMÉTICA.

La mayor parte de las tecnologías que se usan en la actualidad, se han inspirado en la vasta experiencia de la naturaleza. Desde aparatos y productos de uso diario, hasta armamento militar. De este estudio está encargada la rama de la biomimética, que se desarrollo gracias a las necesidades del hombre para tener una vida más confortable.

En base a las observaciones de los científicos al medio ambiente que nos rodea, fue posible el estudio detallado y llevado a la innovación, y que, por su alta efectividad muchas veces superan la misma imaginación humana. Para el desarrollo de nuestro proyecto cabe señalar dos importantes descubrimientos, uno de ellos es la planta llamada flor de Loto y el otro el escarabajo *Stenocara*.

La flor de loto tiene la capacidad de auto limpieza, es una planta acuática que crece en los estanques, en el fondo de lo que se conoce como “barro”; la flor tiene una compleja estructura que minimiza la adherencia de las partículas de suciedad y además estas usualmente son removidas por las gotas de agua de cada amanecer (roció). El interés en la flor de Loto estriba en el hecho de tener estas características en materiales que se puedan fabricar y tener superficies auto-limpiantes y que al conocer su estructura que permite la no adherencia de partículas, facilitaría la creación de sistemas capaces de facilitar el traslado de agua potable y así maximizar la eficiencia de los captadores de niebla.



Fig. 16 Flor de Loto



La gran escasez de agua en el desierto, ha obligado a las especies que lo habitan a desarrollar diferentes métodos para poder aprovechar al máximo el agua que está presente en el medio en el que viven.

Una singular forma de captación, es la que ha desarrollado el escarabajo *Stenocara* que vive en el desierto de Namib en Namibia, en África. Por la cercanía que tiene con el mar abierto, el desierto del Namib recibe cada mañana una considerable brisa marina, que es lo que el escarabajo *Stenocara* aprovecha cada mañana fresca. El escarabajo sube a lo más alto de las dunas del desierto y, colocándose frente a la brisa, inclina a cierto ángulo su cuerpo, abre sus alas y sobre estas, que tienen una especie de cera, es posible captar la brisa, después el escarabajo mismo, condensa las partículas y las transforma en pequeñas gotas que llegan de sus alas a su boca, y es así como obtiene el agua necesaria para sobrevivir.



Fig. 17 Escarabajo *Stenocara*

Este innovador descubrimiento, ha hecho posible el desarrollo de investigaciones para poder optimizar este proceso, que actualmente está siendo utilizado en diferentes partes del mundo, como el localizado en diversas regiones de Santiago de Chile.

## 1.5 IMPACTO AMBIENTAL

Como en todo nuevo proyecto, es importante hacer diversos estudios de factibilidad. Para este proyecto, un estudio de impacto ambiental es ineludible. Hacer una pequeña comparativa de las ventajas y desventajas nos dará una idea de cómo trabajar con este dispositivo

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Un sistema de recolección de niebla pueden ser fácilmente construido o ensamblado en el lugar. La instalación y conexión de las mallas o paneles es muy rápida y sencilla.</li> <li>➤ No se necesita energía para hacer funcionar el sistema o transportar el agua.</li> <li>➤ Mantenimiento y reparación mínima.</li> <li>➤ La inversión de capital y otros costos, son muy bajos</li> <li>➤ La tecnología puede proporcionar beneficios ambientales cuando se utiliza en los parques nacionales, en zonas montañosas, o como una fuente para reforestación.</li> <li>➤ Tiene el potencial para crear comunidades viables en ambientes inhóspitos y mejorar la calidad de vida de las personas en toda región.</li> <li>➤ La calidad del agua es mejor que la de las fuentes de agua existentes que se utilizan para la agricultura y uso doméstico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La participación de la comunidad en el proceso de desarrollo, operación y mantenimiento es necesario.</li> <li>➤ Si la zona de recolección no está cerca del punto de uso, la instalación de la tubería para suministrar el agua puede ser muy costosa.</li> <li>➤ La tecnología es muy sensible a los cambios en las condiciones climáticas que pueden afectar el contenido de agua y la frecuencia de ocurrencia de nieblas y rocío.</li> <li>➤ En algunas regiones costeras la niebla y rocío, no han cumplido con los estándares de calidad de agua potable debido a las concentraciones de cloro, nitrato, y algunos minerales.</li> <li>➤ Se debe tener precaución para minimizar los impactos sobre el paisaje, la flora y fauna durante la construcción de los equipos de captura de nieblas y rocío así como su almacenamiento y distribución</li> </ul>

Tabla 1. Ventajas y Desventajas de los Sistemas recolectores de agua por Rocío y niebla

## 1.6 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Con el fin de implementar un programa de recolección de niebla y rocío se debe evaluar el potencial para la extracción de agua de nieblas. Los siguientes factores afectan o favorecen el volumen de agua que se puede extraer de las nieblas y rocío y la frecuencia con la que el agua puede ser recolectada.

*Los patrones globales de viento:* vientos persistentes de una dirección, son ideales para la recolección de niebla

- *Topografía:* Es necesario contar con relieve topográfico suficiente para interceptar las nieblas o nubes; ejemplos, a escala continental, como las montañas costeras de Chile, Perú y Ecuador, y, en una escala local, cerros aislados o dunas costeras.
- *Alivio en los alrededores:* Es importante que no haya obstáculo para el viento a pocos kilómetros contra el viento del lugar. En las regiones costeras áridas, la presencia de una depresión o cuenca interior que se calienta durante el día puede ser una ventaja, ya que el área localizada de baja presión puede mejorar la brisa del mar y aumentar la velocidad del viento a través de la colección de dispositivos.
- *Altitud:* Una altura de trabajo es deseable cuando sea de menos dos tercios del espesor nube por encima de la base. Esta porción de la nube normalmente tendrá el mayor contenido de agua líquida.
- *Orientación de las características topográficas:* Es importante que el eje longitudinal de la sierra, colinas, o sistema de dunas sea perpendicular a la dirección del viento trayendo las nubes del océano.
- *Distancia de la costa:* Hay muchos lugares de gran altitud continentales con cubiertas enormes de niebla frecuente. En estos casos, la distancia a la línea de costa, es irrelevante. Sin embargo, las áreas de alto relieve, cerca de la costa son generalmente sitios preferidos para la recolección de niebla.
- *Espacio para los colectores:* Los colectores de agua de niebla y rocío deben ser colocados a intervalos de aproximadamente 4,0 m para permitir que el viento sople en torno a los colectores.

# CAPÍTULO II

## PARÁMETROS DE LA CAPTACIÓN

### 2.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL LUGAR.

Debido a que la propuesta de los *SCANR*<sup>13</sup>, se enfoca a promover su desarrollo e implantación en México y están estrechamente relacionados con el clima, se hablara enseguida de manera resumida respecto de la situación climática en nuestro país.

México posee casi dos terceras partes de mesetas y altas montañas con un clima templado-cálido, otras partes tienen un clima tropical con una temperatura reducida por la altitud. Sólo una franja costera muy angosta en la costa del Pacífico cae en la categoría de “tierra caliente” y el resto en tierra templada y fría. Esta división tiene pocas precipitaciones. La temporada de lluvias en todo el país es de mayo a octubre. El resto del año no es completamente sin lluvia, pero la cantidad y frecuencia de las lluvias en las demás temporadas es baja. La zona más húmeda del país se encuentra en las tierras bajas en la costa del Caribe y las del norte de la costa del Pacífico, donde se forman nubes bajas y niebla proveniente de la corriente oceánica fría. Las regiones más secas son hacia el interior. El clima soleado predomina durante gran parte del año (Fig. 18).

En la Fig. 19 se muestra la distribución del viento en la República Mexicana.

Lo primero que hay que considerar en un *SCANR* es la dirección del viento en la zona, ya que así podemos colocar nuestro sistema de manera que actúen a favor de las corrientes de aire y no en contra, debido a que el aparato forma una barrera ficticia en contra del viento permitiendo captar todo liquido que este viento desplace.

---

<sup>13</sup> Sistemas de captación de agua de niebla y rocío

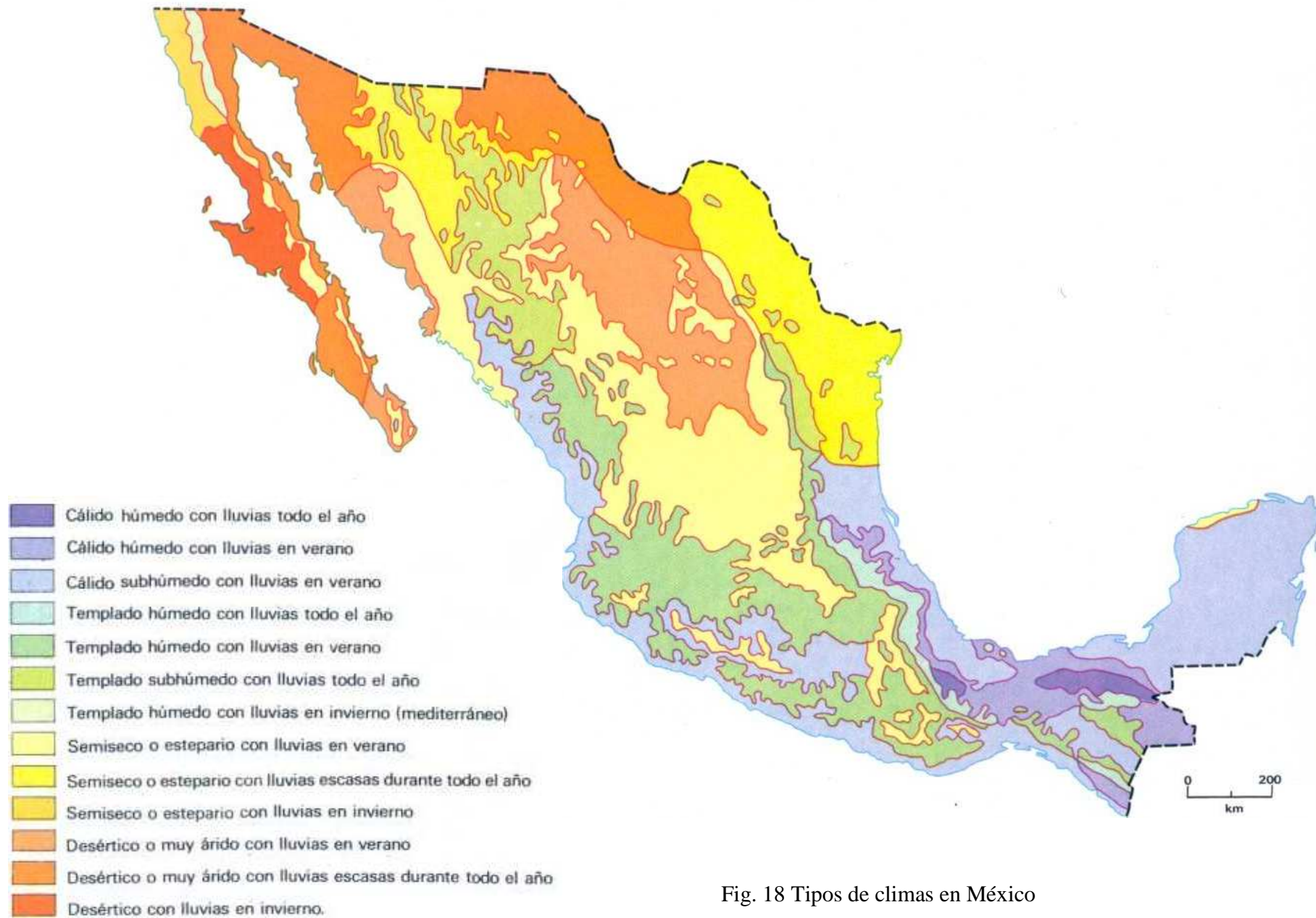


Fig. 18 Tipos de climas en México

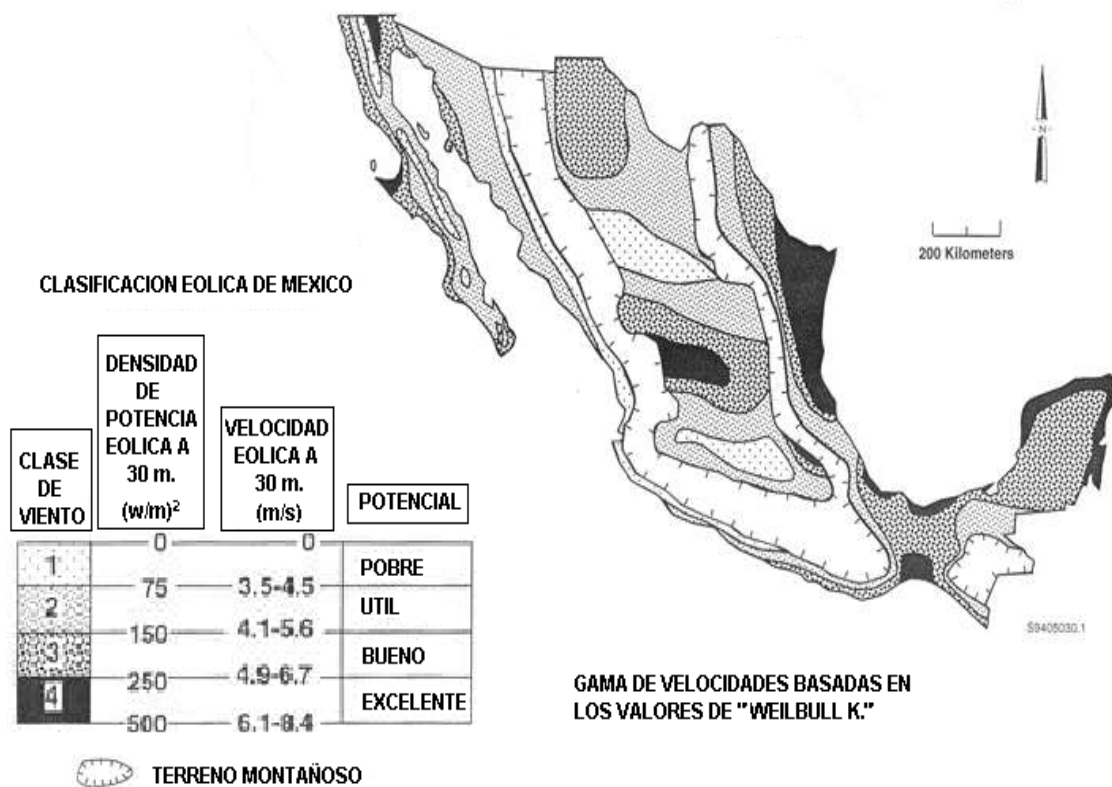


Fig. 19 Mapa de Vientos en México

Lo segundo a tener en cuenta es el clima del lugar, para que con estos dos parámetros determinar la eficiencia de nuestro *SCANR*.

El sistema se desempeña mejor en zonas con alta recurrencia de niebla generalmente zonas elevadas como cerros o montañas, donde existen valores altos de humedad o donde haya cambios bruscos de temperatura como se da en el desierto. Sin embargo cabe puntualizar que existen ciertas zonas que podrían encontrarse propicias para instalar el sistema sin contar con las condiciones climáticas adecuadas; veamos un ejemplo examinando al Distrito Federal.

La ciudad de México presenta un clima templado sub-húmedo con temperatura media de 16 grados centígrados<sup>14</sup> (Fig. 20), posee además una zona conurbada cuyo tránsito vehicular modifica las condiciones climáticas originales, y pequeñas zonas muy propicias para la captación por niebla, un ejemplo es el

<sup>14</sup> INEGI, Clima, (en línea) México, D.F. Consultada el 1 de Diciembre del 2012, Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me>

aeropuerto de la ciudad de México, que se desarrolla en una amplia superficie sin ninguna interferencia y tiene un “problema” llamado niebla, que afecta el funcionamiento en los despegues y aterrizajes de aviones, pero esto puede ser considerado como un punto importante en el beneficio de sus condiciones, inclusive atreviéndome a decir que podría alimentar una parte importante de agua potable a esta institución si se aprovechara esta condición SCANR.

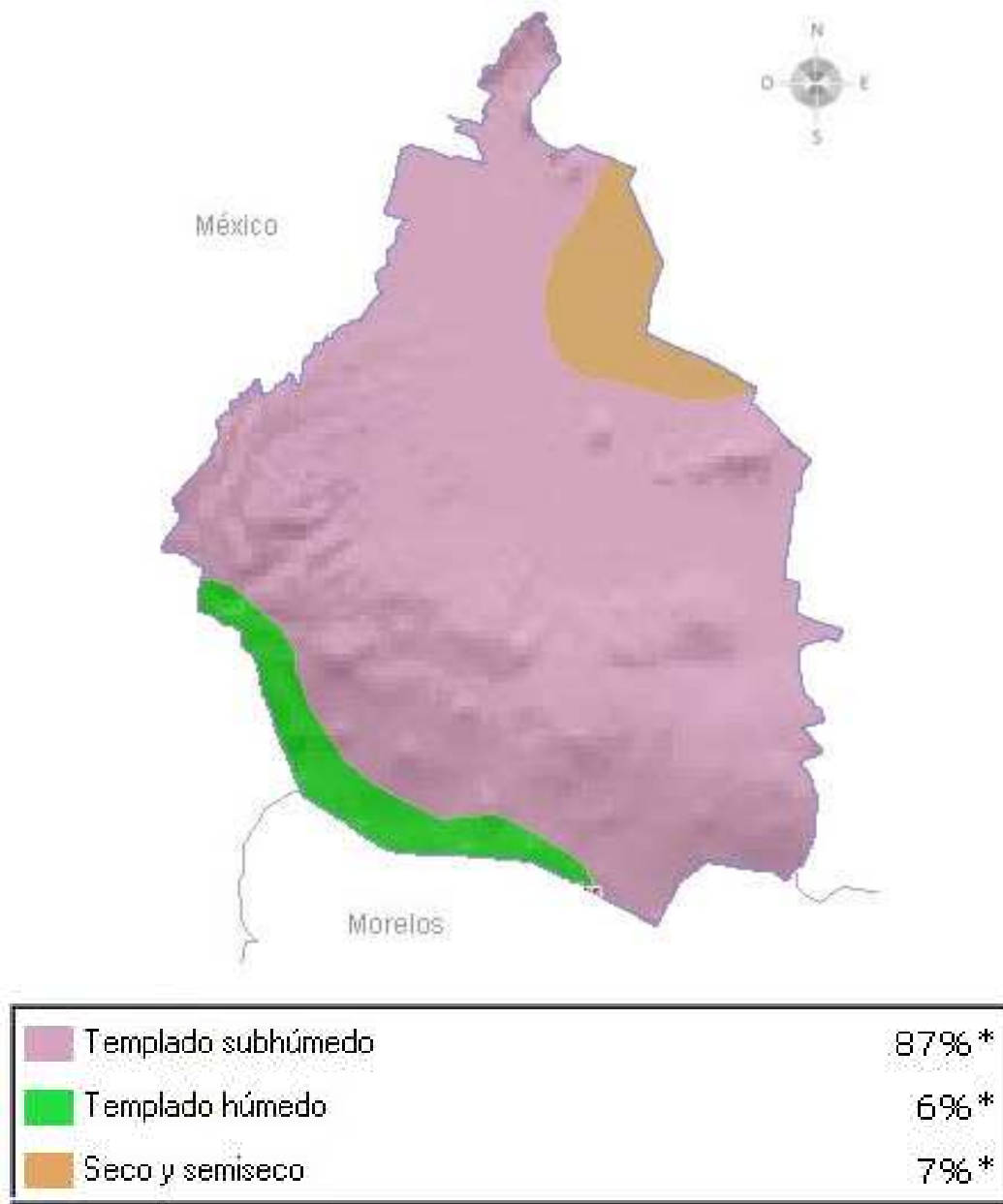


Fig. 20 Zonas climaticas en el D.F.

## 2.2 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE AGUA DE ROCÍO Y NIEBLA.

Antes de la implementación de un *SCANR*, se requiere una evaluación a escala del sistema de recolección en el lugar propuesto donde será su posterior instalación. Esto con el fin de medir su eficiencia y capacidad de recolección en el sitio.

Existen dispositivos de cálculo de bajo costo y mantenimiento para medir el contenido de agua líquida de niebla, llamado neblinómetros<sup>15</sup>

La figura 21 es un pluviómetro con un cilindro perforado; este instrumento mide la cantidad de agua recolectada de las precipitaciones, su diseño más básico debe tener un cilindro con una abertura donde se captara el agua, de ahí se dirigirá hacia un colector donde se puede medir el agua con una escala graduada.



Fig. 21 Pluviómetro de cilindro perforado

<sup>15</sup> Desarrollado en la Universidad Católica de Chile (Carvajal, 1982)



Las figuras 22 y 23, son neblinómetros elaborados con mallas de Nylon o de Polipropileno, estos son en pocas palabras sistemas captadores de niebla a menor escala, con una superficie media de  $0.25 \text{ m}^2$  de área de malla, un armazón de hierro de 1.00 cm de diámetro los cuales están apoyados en postes de 2.00 metros de altura. Los neblinómetros también poseen un canal recolector el cual finaliza en un dispositivo de almacenamiento.



Fig. 22 Neblinometro de diferente altura



Fig. 23 Neblinometro con bote de almacenamiento

Estos dispositivos simples se pueden dejar en el campo durante más de un año sin mantenimiento y se puede modificar fácilmente para recoger muestras de niebla de agua para análisis. Deben estar equipados con un anemómetro para medir la velocidad del viento y una veleta para medir la dirección del viento.

Al hacer cálculos se debe considerar el promedio diario recolectado, la época del año, la dirección del viento y la altura del neblinometro. En la figura 23 se aprecian las diferentes mallas colocadas en diferentes alturas con colectores y almacenamiento individual en el cual se mide la eficiencia según la altura.

# CAPÍTULO III

## CASO DE ESTUDIO

Se tratara en este apartado, una propuesta diferente que hago con el propósito de recrear la captación de agua de niebla y rocío de manera natural, proponiendo el diseño y construcción a escala de un dispositivo SCARN eficiente y económico. Se hace hincapié que se trata de comprobar que es posible recolectar agua en el Distrito Federal por el rocío y niebla, con la forma del modelo presentado.

### 3.1 PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO SCARN-MEX<sup>16</sup>.

#### Planeación

El modelo presentado tiene la cualidad de emplear materiales de fácil adquisición con el fin de que este sea económico, y a su vez, con una alta efectividad de captación. Dicho material es el plástico, del cual se aprovechan sus características y cualidades, entre la que destaca la no absorción del agua al ser transportada, garantizando así la máxima captación posible.

Por lo que respecta a las pruebas, estas se llevarán a cabo en campo y serán representativas como lo ya explicado en el apartado de *“Dispositivos de medición y cuantificación de agua de rocío y niebla”*

#### Descripción

El modelo SCARN-MEX es un dispositivo inspirado en un árbol de coníferas por lo que posee forma cónica, permitiéndole un escurrimiento óptimo desde la parte superior hasta la baja del modelo. Está compuesto de un tubo de PVC de 1” que servirá como colector y base para el armado de la malla de captación. Tiene 4 anillos de plástico generalmente usados para bordar y los cuales servirán como

---

<sup>16</sup> Sistemas de captación de agua de niebla y rocío - México

sujetadores para afianzar otros 3 anillos de mayor diámetro a nuestro tubo de PVC, todos ellos colocados de forma piramidal (de menor a mayor). El hilo de rafia entretrejido entre los anillos da el aspecto de la figura cónica.

El modelo consta de 3 niveles siguiendo la misma figura de “árbol de navidad”, pero en el último nivel se invertirá la figura cónica, con la intención de guiar al líquido recolectado hacia nuestro depósito de almacenamiento, para tal efecto al final del tubo se halla una manguera<sup>17</sup> de 11/16” de diámetro que a su vez es un medio que facilita su cuantificación.

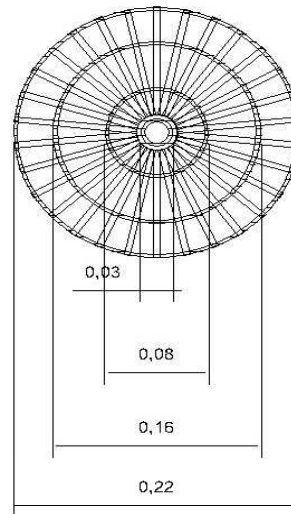
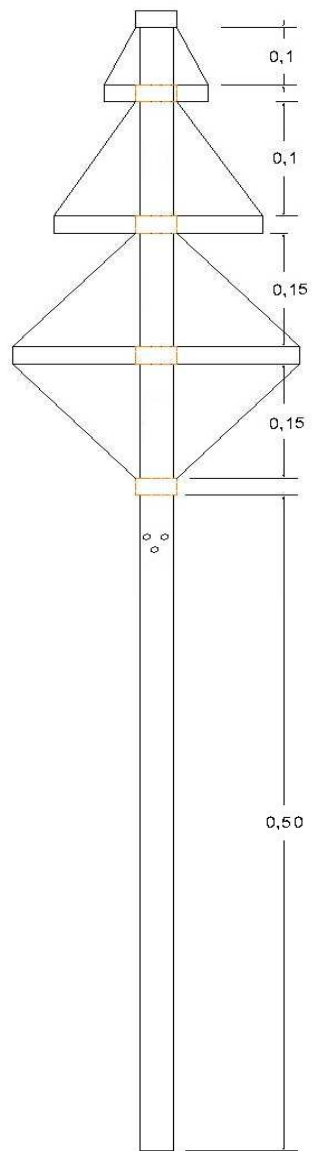
Un punto importante de señalar es que este es un modelo de prueba, realizado con materiales comunes y de bajo costo, pero para un proyecto de mayores dimensiones, se recomiendan materiales resistentes a la intemperie y todos los resultados del modelo deberán escalarse según sea el caso.

### **Croquis del Proyecto**

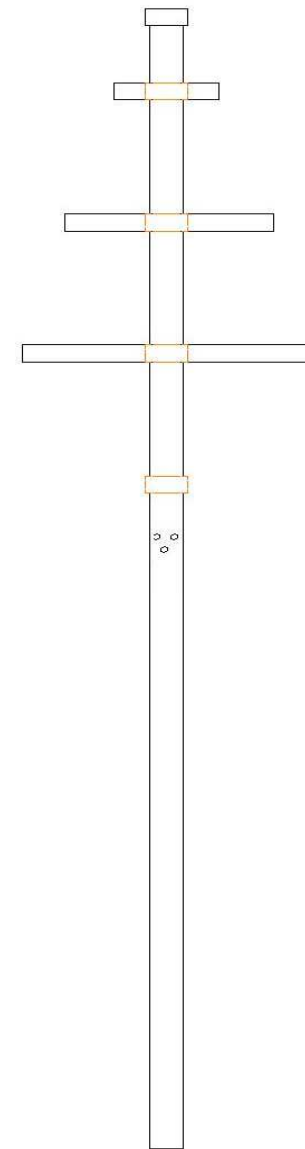
A continuación se presentan los Croquis del modelo SCAR-MEX

---

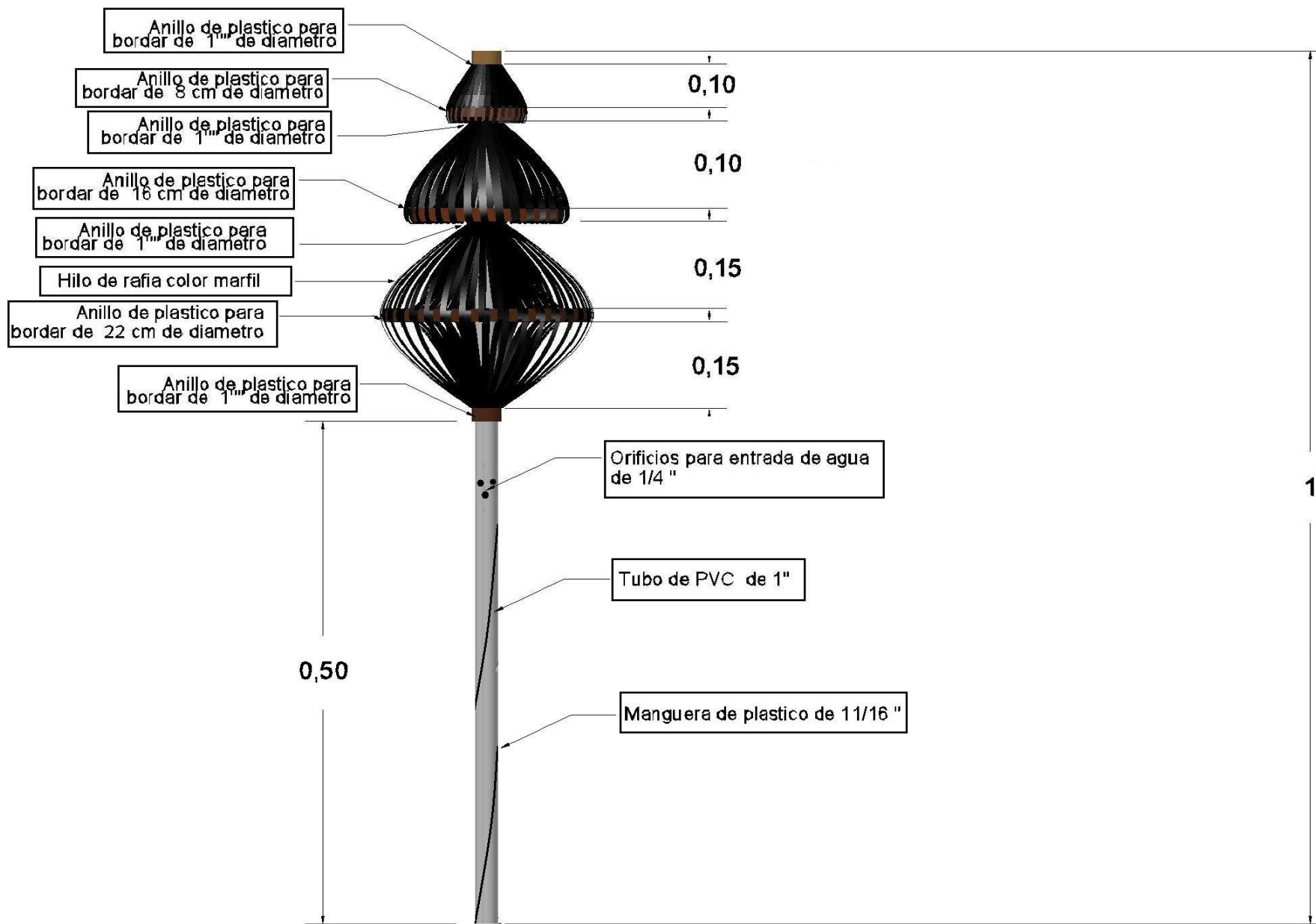
<sup>17</sup> Como las del tipo que se usan en lo acuarios.



Medidas en metros



Croquis 1, Vista frontal y superior de la estructura del SCARN-MEX



Medidas en metros

Croquis 2, Vista frontal del SCARN-MEX armado



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b> <b>F.E.S. ARAGON</b> <b>PROYECTO: SCARN-MEX</b>		
	<b>RELACIÓN DE MATERIALES</b>		
<b>CLAVE</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>M A T E R I A L E S</b>			
SCMX001	Tubo de PVC de 1" de diámetro	1	m.
SCMX002	Anillos de plásticos usados para bordar de 1 " de diámetro	4	pza.
SCMX003	Anillo de plástico de usado para bordar 8.00 cm de diámetro	1	pza.
SCMX004	Anillo de plástico usados para bordar de 16.00 cm de diámetro	1	pza.
SCMX005	Anillo de plástico usados para bordar de 22.00 cm de diámetro	1	pza.
SCMX006	Carrete de Hilo de Rafia, color marfil	1	pza.
<b>HERRAMIENTAS</b>			
SCMX007	Tijeras	1	pza.
SCMX008	Encendedor	1	pza.
SCMX009	Taladro con una broca de ¼ " de punta dorada	1	pza.

Tabla 2.- Lista de materiales



## Armado del SCARN-MEX

De acuerdo con lo señalado en los croquis presentados y la lista de materiales, se procederá a montar el modelo, teniendo especial cuidado que quede recubierto del hilo de rafia y los anillos debidamente sujetos al tubo de PVC, el cual funcionara como contenedor-receptor.

### Indicaciones

1. Con ayuda del taladro y la broca, efectúe diversas perforaciones en el tubo de PVC a una altura de 20 cm, puedes tomar de forma indiferente cualquier extremo del tubo para la primera medición, estas tienen que ir intercaladas a diferente altura con el objetivo que se recolecte el agua que fluirá por escurrimiento pero sin hacerle perder su fuerza al tubo de PVC, tal como se observa en la Fig. 24



Fig. 24 Orificios de captación en el SCARN

2. Efectué un último orificio en la base del tubo de PVC tomando como referencia el extremo donde se iniciaron las medidas el cual nos servirá para introducir nuestra manguera de depósito de 11/16"
3. Proceda a posicionar el tubo de PVC en forma vertical y marque el tubo a 50 cm, 65 cm, 80 cm y 90 cm respectivamente, tomando como referencia el mismo extremo que se inicio con las perforaciones del paso 1. Estas marcas nos indicaran donde debemos posicionar cada anillo de menor a mayor diámetro.
4. Construya el cono superior del dispositivo, auxiliándose con los anillos de 2.54 cm y 8 cm, colocando entre estos el hilo de rafia; para empezar el tejido asegure el extremo con un nudo sencillo y comience a tejer teniendo especial cuidado de cerrar los espacios entre ella y finalice con otro nudito; la longitud de nuestro tejido entre anillos será de aproximadamente 8 a 15 cm de largo (esta altura se incrementara con los anillos de mayores dimensiones). La forma correcta de realizar el tejido será pasar la rafia por dentro del anillo de 8 cm y se deslizara en forma de "U" para que sirva como mismo sostén de este ultimo anillo y al regresarlo lo pasamos con la misma forma de "U" al anillo de 2.54 cm de arriba hacia abajo como se muestra en la siguiente ilustración.

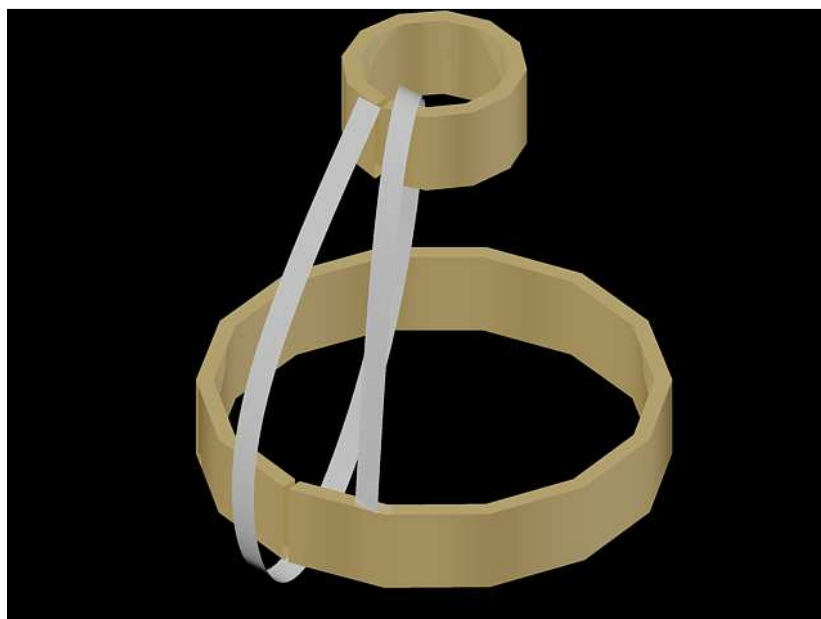


Fig. 25 Tejido del hilo de rafia

5. Al finalizar el proceso de tejido del primer anillo, alinear hasta nuestra marca de 90 cm el anillo de 8 cm y asegure al tubo de PVC bajo presión.
6. Envuelva con hilo de rafia el extremo superior del tubo y haga un sello perimetral con calor para sostener el hilo.



Fig. 26 Vista Superior del SCARN

7. Continúe con el paso 4 pero ahora empleando el anillo de 16 cm. El cual se colocara introduciendo a presión de forma ascendente en el tubo de PVC, fijándolo con el anillo de 1". Tomando en cuenta la medición siguiente realizada en el paso 3.
8. Para el último nivel se procederá con el paso 4 nuevamente, con la variante de que una vez terminado el primer tejido se procederá a realizar un segundo tejido con las mismas indicaciones que el primero pero usando el mismo anillo de 22cm con un nuevo anillo de 1" pero invertido, en vista lateral se podrá observa una figura de rombo.
9. Este se deslizará de forma ascendente sobre nuestro tubo de PVC fijando a presión con ayuda de los anillos de 1 y tomando en cuenta las siguientes mediciones realizadas en el paso 3.
10. Finalmente, introduzca la manguera al orificio realizado en el paso 1 en la base del PVC y sellé herméticamente con ayuda del encendedor

11. Revise el sistema contra fugas o escapes de líquido, para este efecto vertemos medio litro de agua dentro de nuestro tubo de PVC por la parte superior donde se encuentra nuestro tejido de rafia y revisamos el camino que recorre el agua hacia nuestra manguera, se recomienda con un pedazo de papel higiénico probar toda el área exterior en espera de detectar si este se humedece, si llegara a suceder observe la fuga y repita el proceso del paso 10, sellando herméticamente con ayuda de calor.



Fig. 27 Parte inferior del depósito del SCARN



Fig. 28 SCARN terminado y listo para su colocación

### 3.2 ELECCIÓN DEL SITIO.

Se selecciono al “Parque Nacional Cerro de la Estrella”, para la prueba del SCARN-MEX, el cual está localizado al oriente del Distrito Federal, en la Delegación Iztapalapa. Se encuentra muy cerca de La Avenida Ermita Iztapalapa entre las estaciones del Metro UAM-I y Atlalilco de la línea 8, (ver la figura 31) se eligió este sitio debido a que este lugar cuenta con las características necesarias como son una cumbre a 224 m sobre el nivel medio del valle de México, lo que permite condiciones meteorológicas más deseables y principalmente es un lugar donde están presentes la niebla y el rocío.



Fig. 29 Vista Norte al Parque Nacional Cerro de la Estrella

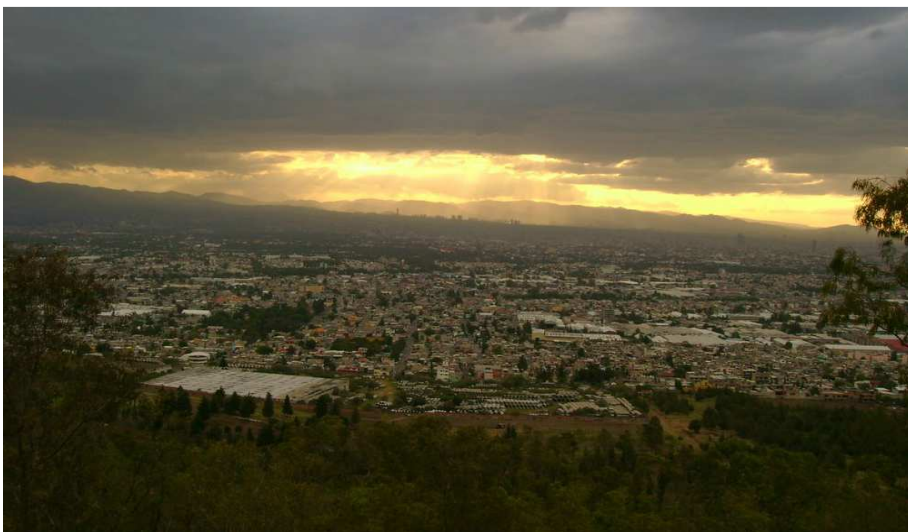


Fig. 30 Vista norte del Cerro de la Estrella hacia el Valle de México



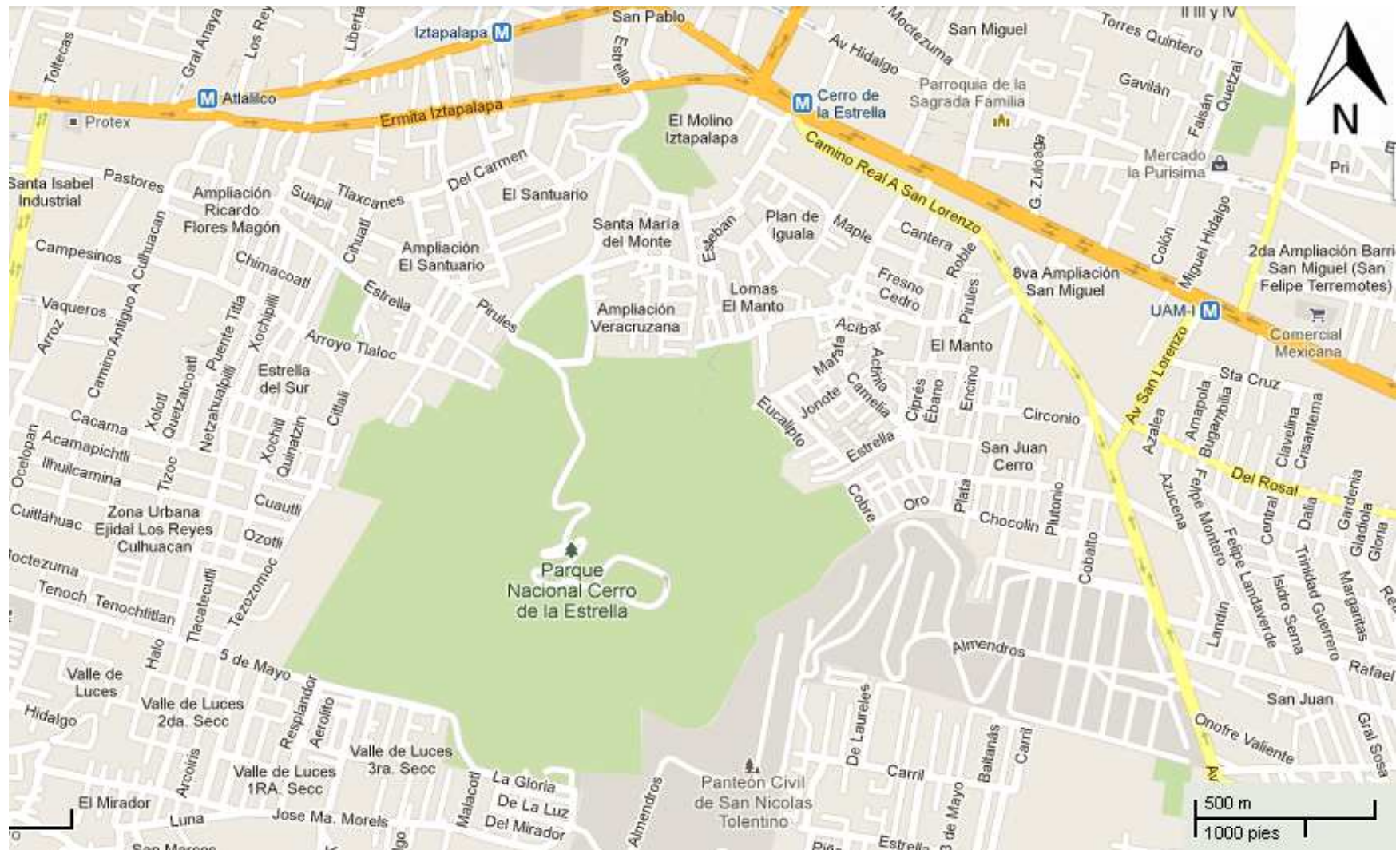


Fig. 31 Croquis de localización del Parque Nacional Cerro de la Estrella



### Puntos de ubicación del SCARN

Se aplico en cuatro zonas diferentes en el Cerro de la Estrella (Fig. 30 y 31) a diferentes alturas, esto con el fin de obtener datos representativos que muestren los factores preponderantes en cómo influye la zona del montaje, así como el clima en ese periodo de prueba.

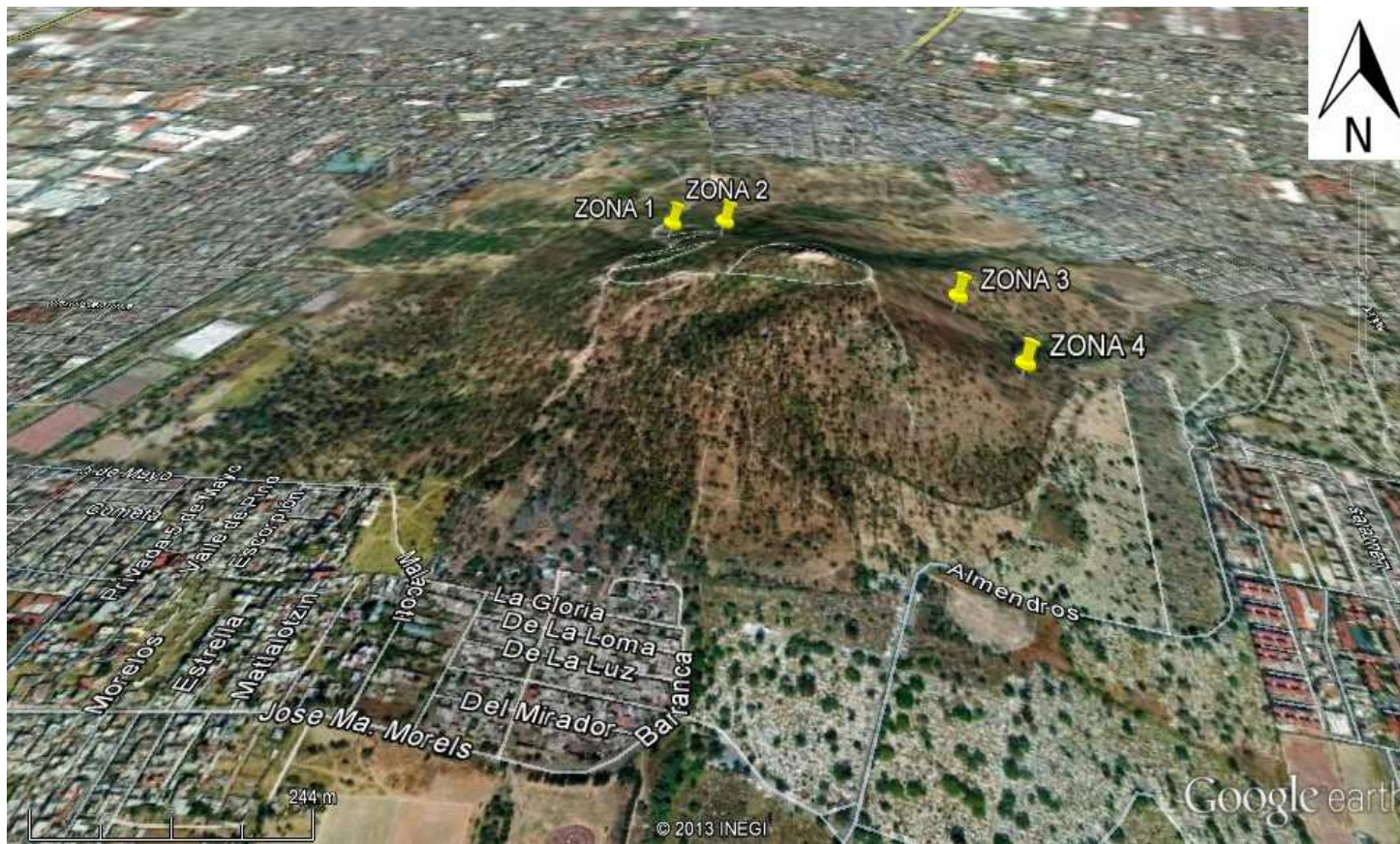


Fig. 32 Vista panorámica de las Zonas de prueba





Fig. 33 Vista superior de las zonas de prueba

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>  <b>F.E.S. ARAGON</b>  <b>PROYECTO: SCARN-MEX</b>			
	ZONA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD <sup>18</sup>
	<b>1</b>	19°20'43" N	99° 5'97" O	2387.00 m.
<b>2</b>	19°20'42" N	99°5'28" O	2403.00 m	
<b>3</b>	19°20'36" N	99° 5'17" O	2381.00 m	
<b>4</b>	19°20'31" N	99° 5'15" O	2368.00 m	

Tabla 3 Coordenadas Geográficas de la zona de prueba.

---

<sup>18</sup> Tomada sobre nivel del mar

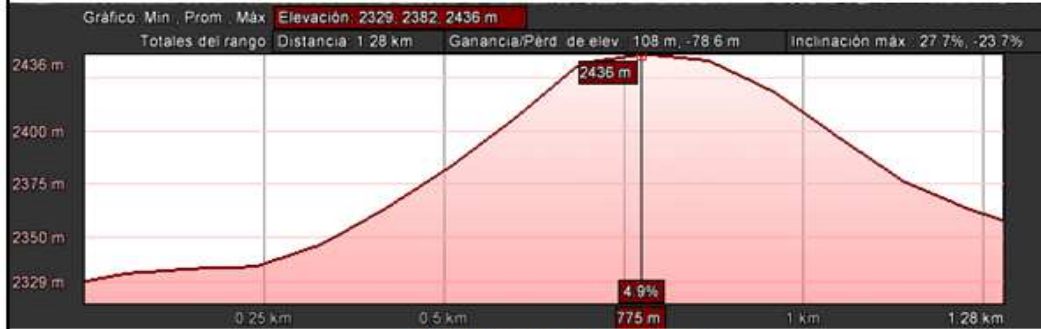


## RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA

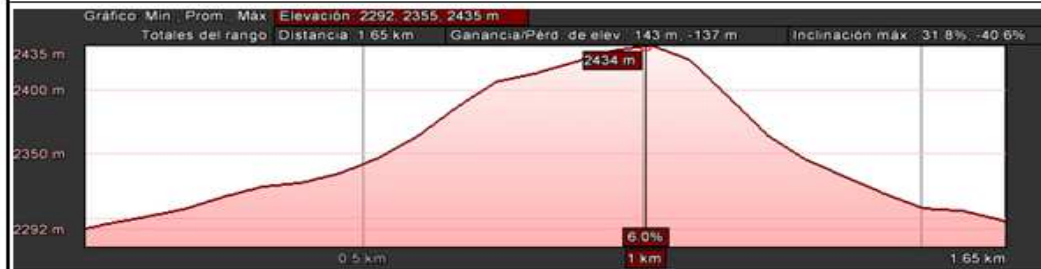


**PROYECTO:** SCARN-MEX  
**LUGAR:** Parque Nacional del Cerro de la Estrella

### PERFIL DE ELEVACION 1



### PERFIL DE ELEVACION 2



### PERFIL DE ZONAS DE PRUEBA



### CROQUIS DE LOCALIZACION



**Perfiles de elevación del Parque Nacional Cerro de la Estrella:**  
 - El perfil 1 es de Norte a Sur  
 - El perfil 2 es de Este a Oeste  
 - El perfil de Zonas de prueba comprende las 4 zonas donde se instalara nuestro modelo SCARN-MEX

## RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA



**PROYECTO:** SCARN-MEX  
**LUGAR:** Parque Nacional del Cerro de la Estrella  
**ZONA 1**



Vista panorámica



Hoja con pequeños trozos de hielo



Colocación del SCARN-MEX en la zona de prueba

### OBSERVACIONES:

- El SCARN-MEX se instaló en un claro, que se encuentra rodeado por árboles de coníferas y en el que aparentemente no se observa fauna visible.
- Dicho claro está fuera del camino principal, por lo que no hay paso directo de persona alguna, o muy probablemente es muy reducido.
- Al llegar al lugar se encontraron restos de hielo en la vegetación.
- El dispositivo se coloca sin mayores problemas y la prueba tiene el transcurso esperado sin ningún inconveniente.



## RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA



**PROYECTO:** SCARN-MEX  
**LUGAR:** Parque Nacional del Cerro de la Estrella  
**ZONA 2**



Vista panorámica



Vista del sendero cerca de la zona de prueba



Colocación del SCARN-MEX en la zona de prueba

### OBSERVACIONES:

- Es un espacio abierto con matorrales y hierba baja, no existen árboles en los confines y el terreno es seco.

- Hay un pequeño camino cerca de la zona.

- No hay muestra de ningún animal grande que habite la zona de prueba.

- En la mañana que se colocó el dispositivo pasaron unos vecinos de la zona mostrando interés en lo que se realizaba, y prometieron, observar en sus recorridos que no fuera robado o manipulado el dispositivo esa semana de prueba.

- La prueba transcurre sin inconvenientes.

## RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA



**PROYECTO:** SCARN-MEX  
**LUGAR:** Parque Nacional del Cerro de la Estrella  
**ZONA 3**



Vista panorámica



Sendero con árboles de coníferas



Colocación del SCARN-MEX en la zona de prueba

### OBSERVACIONES:

- Localizada sobre terracería de origen volcánico, es un espacio abierto, algunos árboles rodean la zona, no existe maleza cerca.

- No hay fauna.

- Existe un pequeño camino cercano a la zona.

- Al momento de elegir el sitio donde se pondría el SCARN-MEX fue muy difícil realizar la pequeña excavación por la presencia de rocas de gran tamaño, por tal razón, se elige otro sitio a un par de metros de distancia del primero, hallándose las mismas condiciones (como era de esperarse) pero con rocas más pequeñas, por lo que se logra plantar el dispositivo y nivelarlo.

- La prueba transcurre sin inconvenientes.



**RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA**



**PROYECTO:** *SCARN-MEX*  
**LUGAR:** Parque Nacional del Cerro de la Estrella  
**ZONA 4**



Vista panoramica



Vista perimetral



Colocacion del SCARN-MEX en la zona de prueba

**OBSERVACIONES:**

- Es un terreno abierto en el que existen árboles de coníferas en las cercanías del sitio seleccionado, los cuales son de gran tamaño.

- El dispositivo se coloca, justo debajo de un árbol de coníferas grande.

- Existen pájaros sobrevolando la zona, fuera de eso no se observa rastro de más animales.

- La prueba transcurre sin inconvenientes

## Colocación del SCARN-MEX

El Criterio para la colocación del dispositivo en la zona será variable, ya que se pretende poner a prueba la eficiencia y la capacidad de recolección en diferentes condiciones que incluyan variabilidades en el entorno natural.

Se realiza una pequeña excavación (fig. 32), y dentro de ella se introduce el dispositivo (fig. 33), se cubre con tierra y algunas rocas a los lados para estabilizarla.



Fig. 34 Excavación para la colocación del SCARN-MEX



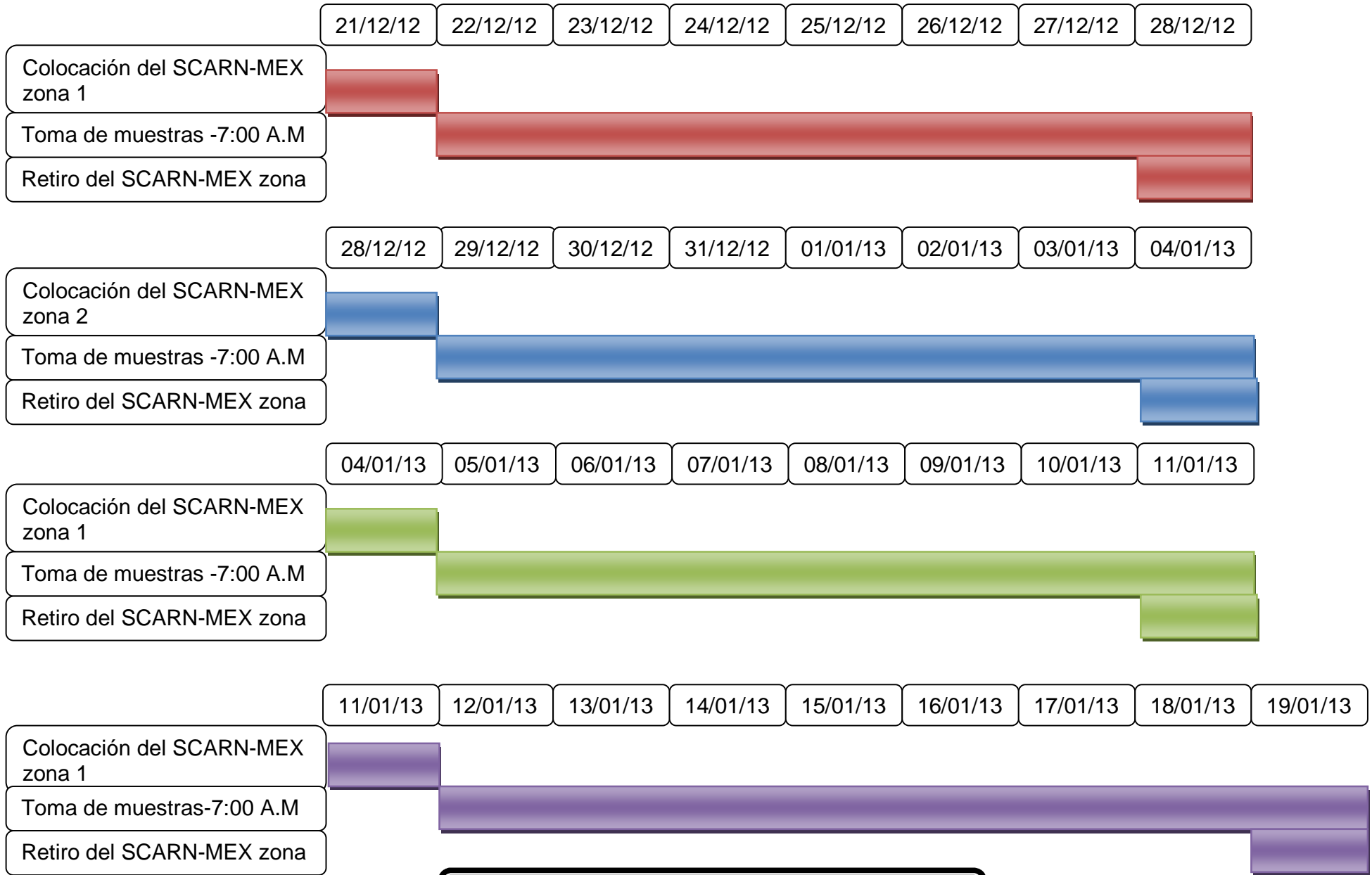
Fig. 35 Colocación del SCARN-MEX en la excavación

### **Sistemática de la prueba**

Este proyecto abarcara una duración de 4 semanas (una zona diferente por semana) durante el 21 de Diciembre del 2012 hasta el 19 de Enero del 2013

El dispositivo se dejara las 24 horas del día y se harán las mediciones diariamente a las 7:00 A.M. del liquido captado la noche anterior.

Se realizaran cuadros comparativos y mediciones diarias climatológicas para ver si existe una variabilidad del clima, lugar con la cantidad de agua recolectada.



**ETAPAS DEL PROYECTO**



### 3.3 RESULTADOS

#### Zona 1

SCARN-MEX colocado en la zona 1 se procede a tomar las mediciones obteniendo los siguientes resultados.



Fig. 36 SCARN en la zona 1



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**F.E.S. ARAGON**

**PROYECTO: SCARN-MEX**

**ZONA 1  
DEL 22 AL 28 DE DICIEMBRE DE 2012**

<b>DIA</b>	<b>CAPTACION (ml)</b>
<b>Sábado 22</b>	<b>100</b>
<b>Domingo 23</b>	<b>180</b>
<b>Lunes 24</b>	<b>250</b>
<b>Martes 25</b>	<b>300</b>
<b>Miércoles 26</b>	<b>200</b>
<b>Jueves 27</b>	<b>300</b>
<b>Viernes 28</b>	<b>200</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1530</b>
<b>PROMEDIO POR DIA</b>	<b>218.57</b>

**CLIMA**

<b>DIA</b>	<b>TEMP. MÁXIMA</b>	<b>TEMP. MÍNIMA</b>	<b>PUNTO ROCÍO</b>	<b>HUMEDAD MEDIA</b>	<b>PRECIPI-TACION</b>	<b>VEL. VIENTO</b>
<b>Sábado 22</b>	<b>22 °C</b>	<b>4°C</b>	<b>2°C</b>	<b>56</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>
<b>Domingo 23</b>	<b>24°C</b>	<b>6°C</b>	<b>2°C</b>	<b>52</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>5 km/h</b>
<b>Lunes 24</b>	<b>25°C</b>	<b>6°C</b>	<b>1°C</b>	<b>42</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>4 km/h</b>
<b>Martes 25</b>	<b>24°C</b>	<b>10°C</b>	<b>2°C</b>	<b>46</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>5 km/h</b>
<b>Miércoles 26</b>	<b>22°C</b>	<b>9°C</b>	<b>3°C</b>	<b>47</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>7 km/h</b>
<b>Jueves 27</b>	<b>22°C</b>	<b>9°C</b>	<b>2°C</b>	<b>45</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>7 km/h</b>
<b>Viernes 28</b>	<b>23°C</b>	<b>9°C</b>	<b>0°C</b>	<b>39</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>

Consultado diariamente en <http://www.wunderground.com>

Tabla 4. Resultados del SCAR-MEX en Zona 1

## Zona 2

SCARN-MEX colocado en la zona 2 se procede a tomar las mediciones obteniendo los siguientes resultados.



Fig. 37 SCARN en la zona 2





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**F.E.S. ARAGON**

**PROYECTO: SCARN-MEX**

**ZONA 2  
DEL 29 DE DICIEMBRE DEL 2012 AL 04 DE ENERO DE 2013**

<b>DIA</b>	<b>CAPTACION (ml)</b>
<b>Sábado 29</b>	<b>90</b>
<b>Domingo 30</b>	<b>50</b>
<b>Lunes 31</b>	<b>50</b>
<b>Martes 1</b>	<b>0</b>
<b>Miércoles 2</b>	<b>0</b>
<b>Jueves 3</b>	<b>50</b>
<b>Viernes 4</b>	<b>60</b>
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>
<b>PROMEDIO POR DIA</b>	<b>42.85</b>

**CLIMA**

<b>DIA</b>	<b>TEMP. MAXIMA</b>	<b>TEMP. MINIMA</b>	<b>PUNTO ROCIO</b>	<b>HUMEDAD MEDIA</b>	<b>PRECIPI-TACION</b>	<b>VEL. VIENTO</b>
<b>Sábado 29</b>	<b>24 °C</b>	<b>6°C</b>	<b>2°C</b>	<b>49</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>
<b>Domingo 30</b>	<b>23°C</b>	<b>4°C</b>	<b>3°C</b>	<b>32</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>9 km/h</b>
<b>Lunes 31</b>	<b>22°C</b>	<b>7°C</b>	<b>4°C</b>	<b>54</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>7 km/h</b>
<b>Martes 1</b>	<b>23°C</b>	<b>7°C</b>	<b>5°C</b>	<b>53</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>
<b>Miércoles 2</b>	<b>18°C</b>	<b>11°C</b>	<b>7°C</b>	<b>61</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>10 km/h</b>
<b>Jueves 3</b>	<b>21°C</b>	<b>9°C</b>	<b>6°C</b>	<b>58</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>10 km/h</b>
<b>Viernes 4</b>	<b>22°C</b>	<b>8°C</b>	<b>7°C</b>	<b>71</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>7 km/h</b>

Consultado diariamente en <http://www.wunderground.com>

Tabla 5. Resultados del SCAR-MEX en Zona 2

### Zona 3

SCARN-MEX colocado en la zona 3 se procede a tomar las mediciones obteniendo los siguientes resultados.



Fig. 38 SCARN en la zona 3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**F.E.S. ARAGON**

**PROYECTO: SCARN-MEX**

**ZONA 3  
DEL 05 AL 11 DE ENERO DE 2013**

<b>DIA</b>	<b>CAPTACION (ml)</b>
<b>Sábado 5</b>	<b>60</b>
<b>Domingo 6</b>	<b>20</b>
<b>Lunes 7</b>	<b>10</b>
<b>Martes 8</b>	<b>10</b>
<b>Miércoles 9</b>	<b>0</b>
<b>Jueves 10</b>	<b>0</b>
<b>Viernes 11</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>
<b>PROMEDIO POR DIA</b>	<b>14.28</b>

**CLIMA**

<b>DIA</b>	<b>TEMP. MAXIMA</b>	<b>TEMP. MINIMA</b>	<b>PUNTO ROCIO</b>	<b>HUMEDAD MEDIA</b>	<b>PRECIPI-TACION</b>	<b>VEL. VIENTO</b>
<b>Sábado 5</b>	<b>22 °C</b>	<b>7°C</b>	<b>6°C</b>	<b>66</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>
<b>Domingo 6</b>	<b>23°C</b>	<b>6°C</b>	<b>5°C</b>	<b>58</b>	<b>0.1 mm</b>	<b>7 km/h</b>
<b>Lunes 7</b>	<b>23°C</b>	<b>8°C</b>	<b>6°C</b>	<b>68</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>7 km/h</b>
<b>Martes 8</b>	<b>22°C</b>	<b>12°C</b>	<b>6°C</b>	<b>51</b>	<b>1.7 mm</b>	<b>11 km/h</b>
<b>Miércoles 9</b>	<b>23°C</b>	<b>14°C</b>	<b>6°C</b>	<b>48</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>19 km/h</b>
<b>Jueves 10</b>	<b>25°C</b>	<b>8°C</b>	<b>4°C</b>	<b>50</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>4 km/h</b>
<b>Viernes 11</b>	<b>26°C</b>	<b>8°C</b>	<b>4°C</b>	<b>49</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>5 km/h</b>

Consultado diariamente en <http://www.wunderground.com>

#### **Zona 4**

*SCARN-MEX* colocado en la zona 4 se procede a tomar las mediciones obteniendo los siguientes resultados.



Fig. 39 SCARN en la zona 4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO**

**F.E.S. ARAGON**

**PROYECTO: SCARN-MEX**

**ZONA 4  
DEL 12 AL 20 DE ENERO DEL 2013**

<b>DIA</b>	<b>CAPTACION (ml)</b>
<b>Sábado 12</b>	<b>5</b>
<b>Domingo 13</b>	<b>10</b>
<b>Lunes 14</b>	<b>10</b>
<b>Martes 15</b>	<b>35</b>
<b>Miércoles 16</b>	<b>50</b>
<b>Jueves 17</b>	<b>100</b>
<b>Viernes 18</b>	<b>120</b>
<b>Sábado 19</b>	<b>200</b>
<b>TOTAL</b>	<b>530</b>
<b>PROMEDIO POR DIA</b>	<b>66.25</b>

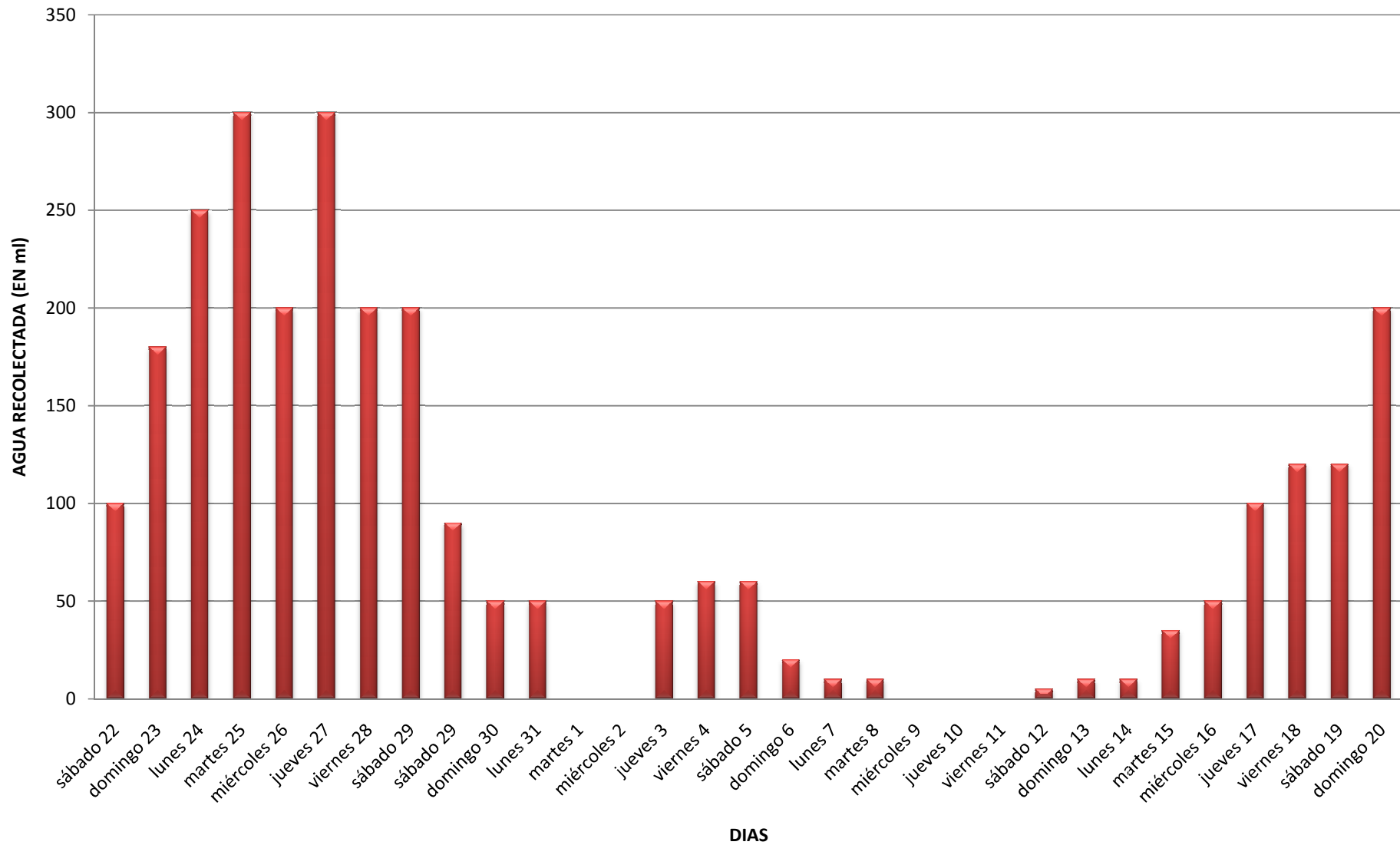
**CLIMA**

<b>DIA</b>	<b>TEMP. MAXIMA</b>	<b>TEMP. MINIMA</b>	<b>PUNTO ROCIO</b>	<b>HUMEDAD MEDIA</b>	<b>PRECIPI- TACION</b>	<b>VEL. VIENTO</b>
<b>Sábado 12</b>	<b>24 °C</b>	<b>9°C</b>	<b>5°C</b>	<b>51</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>
<b>Domingo 13</b>	<b>26°C</b>	<b>8°C</b>	<b>4°C</b>	<b>49</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>
<b>Lunes 14</b>	<b>26°C</b>	<b>9°C</b>	<b>4°C</b>	<b>47</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>5 km/h</b>
<b>Martes 15</b>	<b>25°C</b>	<b>8°C</b>	<b>5°C</b>	<b>49</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>
<b>Miércoles 16</b>	<b>24°C</b>	<b>9°C</b>	<b>4°C</b>	<b>49</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>
<b>Jueves 17</b>	<b>19°C</b>	<b>6°C</b>	<b>-2°C</b>	<b>39</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>10 km/h</b>
<b>Viernes 18</b>	<b>19°C</b>	<b>2°C</b>	<b>-4°C</b>	<b>41</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>
<b>Sábado 19</b>	<b>21°C</b>	<b>5°C</b>	<b>-1°C</b>	<b>43</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>8 km/h</b>
<b>Domingo 20</b>	<b>20°C</b>	<b>6°C</b>	<b>0°C</b>	<b>42</b>	<b>0.0 mm</b>	<b>6 km/h</b>

Consultado diariamente en <http://www.wunderground.com>

Tabla 7. Resultados del SCAR-MEX en Zona 4

## RECOLECCION DE AGUA 22 DE DICIEMBRE DEL 2012 - 19 DE ENERO DEL 2013



Gráfica 1. Recolección de agua por el SCARN-MEX

## COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS

Una vez puesto a prueba el SCARN-MEX en 4 zonas diferentes y representados los resultados en la Grafica 1, es fácil apreciar que se obtuvo la mayor eficiencia en la Zona 1 que comprendió un período de prueba de una semana del 22 al 28 de Diciembre del 2012.

Del análisis comparativo de los datos obtenidos en el resto de las zonas y el mencionado arribo, se dedujo que las diferencias que hicieron un aprovechamiento mayor en esta primera semana, fue que las temperaturas mínimas eran menores comparándolas con las siguientes semanas coincidiendo, además con un punto de rocío debajo de esta, mayor a las presentadas en la siguientes semanas, Inducido seguramente por la fuerte concentración de áreas verdes. Por otro lado, no se observaron diferencias en la altitud, velocidad del viento, humedad o en otras variables de la prueba.

## PROYECCION

Con la información disponible de los resultados arrojados en las semanas de prueba del SCARN-MEX y considerando la semana de mayor efectividad (Zona 1 del 22 al 28 de Diciembre del 2012) que proporciono una recolección promedio por día de 218.57 ml en el modelo de prueba, me atrevo a inferir una proyección de cosecha bajo dos supuestos: A). El primero consiste en utilizar el mismo dispositivo solo ya descrito pero incrementando su número a razón de un SCARN-MEX por 1 m<sup>2</sup> y el segundo, B). Aumentando la relación altura-área.

A). En esta propuesta es necesario contar con un área de 100.00 m<sup>2</sup> y 100 dispositivos del tamaño y forma de nuestro modelo SCARN-MEX. En condiciones óptimas podríamos recolectar en un día 21.857 litros y que de acuerdo con las recomendaciones de la UNESCO<sup>19</sup>, referentes a que el consumo diario mínimo de agua potable por persona varía entre 20 y 50 litros al día, es posible al tomar en cuenta este criterio satisfacer las necesidades básicas de una persona en tan solo

---

<sup>19</sup> UNESCO, Satisfacer las necesidades Humanas Básicas, [en línea], [Consultada el 20 de Febrero del 2013]. Disponible en: [http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/necesidades\\_humanas\\_basicas.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/necesidades_humanas_basicas.shtml)



un área de 10 x 10 m muy factible de disponer en zonas rurales. La simulación de esta recolección se muestra en la Tabla 8.

<b>Número de SCARN-MEX</b>	<b>Área de prueba en m<sup>2</sup></b>	<b>Agua recolectada en ml.</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>218.57</b>
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>437.14</b>
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1092.85</b>
<b>10</b>	<b>10</b>	<b>2185.70</b>
<b>20</b>	<b>20</b>	<b>4371.40</b>
<b>30</b>	<b>30</b>	<b>6557.10</b>
<b>50</b>	<b>50</b>	<b>10928.50</b>
<b>100</b>	<b>100</b>	<b>21857.00</b>

Tabla 8 Proyección de SCARN-MEX

B). Ahora bien si usamos el mismo criterio pero proyectamos los dispositivos en la misma área pero con una altura de 3 m. cada uno y con una longitud al doble en sus anillos obtendríamos en condiciones óptimas, la cosecha en un día de 131.142 litros lo que significaría que podemos cubrir las necesidades básicas de 6 personas diariamente. La simulación de esta recolección se muestra en la Tabla 9.

<b>Numero de SCARN-MEX*</b>	<b>Área de prueba en m<sup>2</sup></b>	<b>Agua recolectada en ml.</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1311.42</b>
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2622.84</b>
<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1092.85</b>
<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6557.10</b>
<b>20</b>	<b>20</b>	<b>26228.40</b>
<b>30</b>	<b>30</b>	<b>39342.60</b>
<b>50</b>	<b>50</b>	<b>65571.00</b>
<b>100</b>	<b>100</b>	<b>131142.00</b>
<b>* de 3 m. de altura y al doble de ancho</b>		

Tabla 9. Proyección de SCAR-MEX

## **PRODUCCIÓN MASIVA**

Antes de la amplia adopción de técnicas de producción en masa, un artesano construyó un producto de principio a fin. Esto significaba que tenía que conocer todos los aspectos del montaje del producto, incluyendo la creación de las piezas individuales, la viabilidad y funcionalidad del producto, por esto cada uno de ellos se ponía a prueba o se construían modelos con la finalidad de tener margen a realizar modificaciones sin sacrificar el capital y el tiempo, esto fue lo que se recreo con el SCARN-MEX. Y permite, dados los resultados obtenidos con el modelo de prueba, la viabilidad de su fabricación en serie, ya que fue capaz de captar agua expuesta a diversas situaciones climatológicas y ambientales.

Sin embargo es de vital importancia señalar que es necesario efectuar ligeras modificaciones al diseño propuesto del SCARN-MEX, si se pretende su producción masiva y con mayores dimensiones, sobre todo al considerar su exposición a la intemperie y la forma de sostenerse. Lo primero obliga a utilizar materiales de construcción del dispositivo resistentes a las condiciones meteorológicas y lo segundo se enfoca a lograr su estabilidad vertical y de acción de fuerzas como la del viento, mediante el empleo de cables de sujeción. Además de las adaptaciones a nivel de almacenaje y desvió del liquido captado, esto con la finalidad de que se adapte a una recolección de agua mayor, pero se recomienda conservar las formas cónicas para lograr una mayor captación y aprovechar las condiciones ambientales.

También hacemos la observación que los SCARN-MEX en mayores escalas toman la forma de un árbol de Navidad, lo que podemos aprovechar para que sea amigable a la vista y se mimetice con la zona sin interrumpir la dinámica ecológica.

## **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

La utilización de esta tecnología es muy simple después que los SCARN-MEX están instalados correctamente y la capacitación del personal para operar el sistema podría no ser necesaria salvo un factor muy importante; que es la creación de un programa de control de calidad de rutina. Este programa debe

abordar tanto el sistema de recolección de niebla y la posible contaminación del agua cosechada, incluyendo las siguientes tareas:

- Inspección de la tensión del cable. La pérdida de tensión del cable puede resultar en la pérdida de agua por no captar el agua recogida en el sistema de recepción. También puede causar daño estructural los colectores.
- Inspección de los sujetadores de cable. Sujetadores sueltos en la estructura de colección puede causar el colapso del sistema y / o ser destruidos.
- Inspección de las tensiones horizontales en las malla de las redes. Redes sueltas dará lugar a una pérdida de la cosecha de eficiencia, y puede romperse fácilmente.
- Mantenimiento de redes de malla. Después de un uso prolongado, las redes pueden romperse. Las aberturas deben ser reparadas inmediatamente para evitar tener que reemplazar todo el panel. Los hongos pueden crecer en la superficie de la malla después de uno o dos años de uso y junto con la acumulación de polvo, lo que enturbia el agua recogida y causa problemas de sabor y olor ofensivos. La malla debe ser limpiada con un cepillo de plástico suave tan pronto como se detecta el crecimiento de algas.
- El mantenimiento de drenes colectores. Pantallas protectoras de los tanques de almacenaje debes ser instalada en el extremo de la cubeta receptora para atrapar materiales indeseables (insectos, plantas y otros restos) y evitar la contaminación del agua en el tanque de almacenamiento. Esta pantalla debe ser inspeccionada y limpiado periódicamente.
- Mantenimiento de las tuberías. Las tuberías deben ser lo más limpio posible para evitar la acumulación de sedimentos y la descomposición de la materia orgánica. Las aberturas a lo largo de los tubos deben ser construidos para facilitar el lavado o limpieza parcial del sistema.
- Mantenimiento de cisternas y tanques de almacenamiento. Los tanques deben limpiarse periódicamente con una solución de cloruro de calcio

concentrado para evitar la acumulación de hongos y bacterias en las paredes.

- Monitoreo de cloro disuelto. Una disminución en la concentración de cloro en el agua potable es un buen indicador de un posible crecimiento de microorganismos. El seguimiento del cloro disuelto ayudará a prevenir el desarrollo de problemas de bacterias.

## **NIVEL DE PARTICIPACIÓN**

La participación comunitaria reduce el costo laboral del armado de los SCARN-MEX y provee a la comunidad de experiencia con la operación y mantenimiento de los dispositivos, lo que se traduce en no necesitar personal especializado para su operación en todo momento, además se desarrolla un sentido de propiedad de la comunidad y la responsabilidad para el éxito del proyecto.

# CONCLUSIONES

El modelo SCARN-MEX ha demostrado efectividad en su objetivo primario: recolectar agua por rocío y niebla, es por ello que basándose en la investigación realizada y en el análisis del proyecto es posible implementarlo en México y especialmente en el Distrito Federal a costos muy bajos.

Esta tecnología puede reducir costos de operación y mantenimiento de diversas plantas potabilizadoras y sufragar deficiencias en las ciudades. Es así como el SCARN-MEX no pretende sustituir sistemas de agua potable en regiones con servicios básicos establecidos, sino que se ve su viabilidad como un coadyuvante al aporte que se puede recibir a nivel particular (si está instalado cerca de algún edificio, institución, comunidad o casa habitación) y en mayores proporciones servir completamente a una ciudad dotando un porcentaje diario de este vital líquido (tan escaso en nuestros días) con una serie de SCARN-MEX instalados en una zona dispuesta para ello.

Sin embargo no se puede menoscabar su eficiencia ya que se podría proporcionar a regiones del país que no cuenten con servicios de agua potable o estos sean de costos muy elevados de la dotación mínima y necesaria de agua para la vida diaria.

Es por eso que esta tecnología es el parteaguas para que se realicen investigaciones profundas de materiales capaces de tomar la mayor cantidad de líquido en el ambiente y esto sea solo el comienzo para una industria de productos relacionados con ello.

# BIBLIOGRAFIA

## REFERENCIAS DE IMÁGENES

**Fig. 1:** FogQuest, Colector de niebla de FogQuest, Canadá Kamloops BC

Imagen tomada del sitio FOGQUEST:

<http://www.fogquest.org/index.php/home/>

[Fecha de actualización el 01 de Diciembre del 2012]

**Fig.2:** Anónimo, Atrapanieblas colocados en El Tofo, foto de Enero del 2000,

Imagen tomada del sitio Sismedia:

<http://sismedia.cl/html/chile.htm>

[Fecha de actualización el 10 de Diciembre del 2012]

**Fig. 3:** Anónimo, Ciclón Mundial, Imagen en línea,

Imagen tomada del sitio Ciclomundial:

[http://www.ciclomundial.com/copenhague\\_2011/n2.html](http://www.ciclomundial.com/copenhague_2011/n2.html)

[Fecha de actualización el 10 de Diciembre del 2012]

**Fig. 4:** Anónimo, Out of Thick Air - Water from Fog,

Imagen tomada del sitio Cadinsider:

[http://cadinsider.typepad.com/my\\_weblog/2010/11/out-of-thick-air-water-from-fog.html](http://cadinsider.typepad.com/my_weblog/2010/11/out-of-thick-air-water-from-fog.html)

[Fecha de actualización el 10 de Diciembre del 2012]

**Fig. 5:** BBC, Captando la niebla en el desierto chileno, Falda Verde, Chile,

Imagen tomada del sitio BBC:

[http://www.bbc.co.uk/mundo/participe/2009/04/090422\\_participe\\_atrapanieblas\\_ga\\_l\\_am.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/participe/2009/04/090422_participe_atrapanieblas_ga_l_am.shtml)

[Fecha de actualización el 23 de Abril del 2009]

**Fig. 6:** Ofer Perl, Dew pearls on a spider web, Hula, Israel, Israel,

Imagen tomada del sitio Panoramio:

<http://www.panoramio.com/photo/33226606>

[Fecha de actualización el 21 de Marzo del 2010]

**Fig.7:** SmugMug, Mahweet through the fog, foto de Diciembre del 2007, Yemen, Imagen tomada del sitio Carolynn-in-dubai.smugmug:

[http://carolynn-in-dubai.smugmug.com/Travel/Yemen-3-22-Dec-07/4058694\\_rKbpPQ/236469622\\_gW6qo#!i=236469622&k=gW6qo](http://carolynn-in-dubai.smugmug.com/Travel/Yemen-3-22-Dec-07/4058694_rKbpPQ/236469622_gW6qo#!i=236469622&k=gW6qo)

[Fecha de actualización el 22 de Diciembre del 2007]

**Fig.8:** Anónimo, Munich Re Foundation,

Imagen tomada del sitio Munichre-foundation:

[http://www.munichre-foundation.org/home/Projects/Water/Eritrea\\_ProjectVisit.html](http://www.munichre-foundation.org/home/Projects/Water/Eritrea_ProjectVisit.html)

[Fecha de actualización el 08 de Diciembre del 2012]

**Fig.9:** Fog Quest, Tojquia, Guatemala, Fog Collection Project, Tojquia

Imagen tomada del sitio FOGQUEST:

<http://www.fogquest.org/?p=495>

[Fecha de actualización el 08 de Marzo del 2011]

**Fig.10:** Jennifer Bergman, Intermedio, Crucigrama de Ciencias del Clima del Pacífico Sureste,

Imagen tomada del sitio Windows2universe:

<http://www.windows2universe.org/vocals/crossword.html&lang=sp>

[Fecha de actualización el 08 de Octubre del 2008]

**Fig.11:** Anónimo, Around the world en 80 cliks, Early morning fog over the trees around Yirgalem, Yirgalem Etiopia

Imagen tomada del sitio Pictures.traveladventures:

<http://pictures.traveladventures.org/images/es/yirgalem01>

[Fecha de actualización el 23 Diciembre del 2012]

**Fig.12:** Anónimo, Extraer agua de niebla todo un hecho,

Imagen tomada del sitio Gananciasconstantes:

<http://www.gananciasconstantes.net/2012/05/extraer-agua-de-niebla-todo-un-hecho.html>

[Fecha de actualización el 12 Diciembre del 2012]

**Fig.13:** Anónimo, atrapanieblas: un sistema tradicional de captación de agua,

Imagen tomada del sitio ecococos.blogspot:

<http://ecococos.blogspot.mx/2012/05/atrapanieblas-un-sistema-tradicional-de.html>

[Fecha de actualización el 11 Diciembre del 2012]



**Fig.14:** Dr. Cristian Suau, Cardiff University, Welsh School of Architecture, 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew Münster, Germany, 25–30 July 2010.

Imagen tomada del sitio cardiff:

<http://www.cardiff.ac.uk/archi/suau.php>

[Fecha de actualización el 22 Diciembre del 2012]

**Fig.15:** Anónimo, Atrapanieblas: un sistema tradicional de captación de agua, Imagen tomada del sitio Ecococos.blogspot

<http://ecococos.blogspot.mx/2012/05/atrapanieblas-un-sistema-tradicional-de.html>

[Fecha de actualización el 11 Diciembre del 2011]

**Fig.16:** Anónimo,

Imagen tomada del sitio tumblr:

<http://www.tumblr.com/tagged/flor-de-loto>

[Fecha de actualización el 13 Enero del 2012]

**Fig.17:** Pablo Javier Piacente, Un sistema que imita al escarabajo recolecta agua de niebla y de rocío,

Imagen tomada del sitio Tendencias21:

[http://www.tendencias21.net/Un-sistema-que-imita-al-escarabajo-recolecta-agua-de-niebla-y-de-rocio\\_a6377.html](http://www.tendencias21.net/Un-sistema-que-imita-al-escarabajo-recolecta-agua-de-niebla-y-de-rocio_a6377.html)

[Fecha de actualización el 09 Enero del 2012]

**Fig.18:** Anónimo, Mapas de viento,

Imagen tomada del sitio aerogeneradores:

<http://aerogeneradores-energia-eolica.blogspot.mx/2011/07/mapas-de-viento.html>

[Fecha de actualización el 09 Marzo del 2012]

**Fig.19:** INEGI, Clima, México, D.F.

Imagen tomada del sitio cuéntame.inegi:

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me>

[Fecha de actualización el 09 Marzo del 2012]

**Fig. 20** INEGI, Clima, México, D.F.

Imagen tomada del sitio cuéntame.inegi:

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me>

[Fecha de actualización el 09 Marzo del 2012]

**Fig.21:** A.J. Espejo, K. Vanderlinden, J.M. Infante y J.L. Muriel, Empleo de sensores de humedad para caracterizar la dinámica de flujo de agua de riego en cultivo de fresa, Sevilla España

Imagen tomada del sitio infoagro:

[http://www.infoagro.com/frutas/empleo\\_sensores\\_humedad\\_dinamica\\_flujo\\_agua\\_riego\\_cultivo\\_fresa.htm](http://www.infoagro.com/frutas/empleo_sensores_humedad_dinamica_flujo_agua_riego_cultivo_fresa.htm)

[Fecha de actualización el 15 Marzo del 2012]

**Fig.22:** Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Galerías de Investigación, Venezuela, Los Andes

Imagen tomada del sitio ciencias:

<http://www.ciencias.ula.ve/icae/galeria/investigacion/default1.php>

[Fecha de actualización el 11 de Diciembre del 2012]

**Fig. 23:** Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Galerías de Investigación, Venezuela, Los Andes

Imagen tomada del sitio ciencias:

<http://www.ciencias.ula.ve/icae/galeria/investigacion/default1.php>

[Fecha de actualización el 11 de Diciembre del 2012]

**Fig. 24:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, Armado del SCARN-MEX, Fotos tomadas el 15 de Diciembre del 2012

**Fig. 25:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, Armado del tejido de rafia del SCARN-MEX, elaborado en AUTOCAD 2013, el 10 de Diciembre del 2012.

**Fig. 26, 27 y 28:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, Armado del SCARN-MEX, Fotos tomadas el 15 de Diciembre del 2012

**Fig. 29:** Parque Nacional Cerro de la Estrella, Imagen del 2013, Escala indeterminada, Google Maps, México, Distrito Federal

Imagen tomada del sitio goo.gl:

<http://goo.gl/maps/3nnJB>

[Fecha de actualización el 12 de Enero del 2013]

**Fig. 30:** Parque Nacional Cerro de la Estrella, Imagen del 2013, Escala indeterminada, Google Maps, México, Distrito Federal

Imagen tomada del sitio goo.gl:

<http://goo.gl/maps/q2T8u>

[Fecha de actualización el 12 de Enero del 2013]

**Fig. 31:** Parque Nacional Cerro de la Estrella, Imagen del 2013, Escala indeterminada, Google Maps, México, Distrito Federal

Imagen tomada del sitio goo.gl:

<http://goo.gl/maps/4Pkz2>

[Fecha de actualización el 12 de Enero del 2013]

**Fig. 32 y 33:** Imagen de Google Earth 7.0.3.8542, Fecha de consulta 03 de Marzo del 2013, <http://earth.google.com/>

**Fig. 34 y 35:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, Excavación para el SCARN-MEX, Fotos tomadas el 21 de Diciembre del 2012

**Fig. 36:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, SCARN-MEX en la Zona 1, Foto tomada el 22 de Diciembre del 2012

**Fig. 37:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, SCARN-MEX en la Zona 2, Foto tomada del 29 de Diciembre del 2012

**Fig. 38:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, SCARN-MEX en la Zona 3, Foto tomada el 05 de Enero del 2013

**Fig. 39:** Godínez Hinojosa Taiguel Lesli, SCARN-MEX en la Zona 4, Foto tomada el 12 de Enero del 2013

## REFERENCIAS DE LIBROS

Cereceda, P.; Schemenauer R.S.; Suit, M. (1992). "An alternative water supply for Chilean coastal desert villages". Intl. J. Water Resources Development, 8, pp. 53 - 59.

## REFERENCIAS ELECTRONICAS

FogQuest, Colector de niebla de FogQuest, [en línea], Canadá Kamloops BC, [Consultada el 01-20 de Diciembre del 2012], Disponible en:

<http://www.fogquest.org/index.php/home/>

Juan Cazorla, Mis proyectos... Mis experiencias, [en línea], España, [Consultada el 01-30 de Diciembre del 2012], Disponible en:

<http://pinterest.com/juancazorla/mis-proyectos-mis-experiencias/>

Andrés Acosta Baladón, Captación de nieblas: fundamento, experiencias y aplicaciones en el ámbito forestal, 2003, [en línea], Chile, [Consultada el 01-10 de Diciembre del 2012], Disponible en:

[http://latierratienefiebre.com/documentos/acosta%20 baladon.pdf](http://latierratienefiebre.com/documentos/acosta%20baladon.pdf)

Esther Voces, Captadores de nieblas, 2007, [en línea], [Consultada el 01 de Diciembre del 2012], Disponible en: <http://latierratienefiebre.com/2007/captadores-de-nieblas/>

Gilberto Villarroel, Atrapanieblas: de Chile para el mundo, 2009, [en línea], Chile, [Consultada el 01-10 de Diciembre del 2012], Disponible en:

[http://www.bbc.co.uk/mundo/participe/2009/04/090422\\_1224\\_participe\\_atrapanieblas\\_am.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/participe/2009/04/090422_1224_participe_atrapanieblas_am.shtml)

UNESCO, Satisfacer las necesidades Humanas Básicas, [en línea], [Consultada el 20 de Febrero del 2013], Disponible en:

[http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/necesidades\\_humanas\\_basicas.shtml](http://webworld.unesco.org/water/wwap/facts_figures/necesidades_humanas_basicas.shtml)

***Alumno: Godínez Hinojosa Taiguel Lesli***

No. cta.: 301189020

Teléfono: 50163661.

Cel.: 0445539049132.

email: bufago@hotmail.com

***Profesor: M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández.***

Tel FES: 56231076.

Tel. Oficina: 85905545 y 46.

Cel. 04455-1838-3470.

email: est2001in@yahoo.com.mx