



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura  
Campo de Conocimiento: Tecnologías

Captación de la humedad atmosférica  
aplicada en los procesos de diseño arquitectónico

Tesis

Que para optar por el grado de:

Maestra en Arquitectura

Presenta

Michel Flores Rojas

Tutor: Mtro. Humberto Islas Ramos  
Facultad de Estudios Superiores Aragón

Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México,  
Octubre 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



**CAPTACIÓN DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA  
APLICADA EN LOS PROCESOS DE DISEÑO  
ARQUITECTÓNICO**







## **Tutor**

Mtro. Humberto Islas Ramos

## **Sínodo**

Mtro. Sergio Alfonso Martínez González

Dra. Adriana Lira Oliver

Mtro. Fernando Macedo Chagolla

Mtro. Francisco Reyna Gómez



## Agradecimientos

Agradezco el amor incondicional de mis padres y su comprensión; razón importante que fortalece mi desarrollo personal y proyectos de vida.

A mi tutor por su gran confianza y enseñanza, que ha sido parte fundamental en la exploración de esta tesis, logrando aún más en mi la motivación por la investigación.

A mi sínodo por sus consejos e interés de aportarme nuevas ideas y darme la oportunidad de un espacio participativo en el laboratorio de Edificación Sostenible (LES) de la Facultad de Arquitectura y en el Centro Tecnológico de la Facultad de Estudios Superiores Aragón para el desarrollo de mi investigación.

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo de investigación, así como al proyecto CONACyT 260155.

Y a cada una de las personas que formaron parte de este proceso, en mi estancia en la ciudad y etapa de investigación para el aprendizaje de nuevos conocimientos.



# ÍNDICE

Introducción	11
--------------	----

## Capítulo 01

### El Agua en la Tierra

1.1 Meteorología	14
1.1.1 Hidrometeoros	18
1.1.2 Nubes	22
1.2 Clima	24
1.2.1 Factores geográficos	30
1.3 Ciclo Hidrológico	33
1.3.1 Almacenamientos naturales	35

## Capítulo 02

### Demografía y consumo hídrico

2.1 Asentamientos prehistóricos y almacenamientos creados por el hombre	38
2.2 Demografía	44
2.3 Consumo hídrico mundial y en México	47
2.3.1 Complejidad sociocultural	50
2.4 Distribución y calidad de agua	55

## Capítulo 03

### Captadores de humedad atmosférica

3.1 Análisis del proceso de condensación	59
3.2 Calidad de agua ambiental	62
3.3 Antecedentes de captación de agua de lluvia	65
3.4 Antecedentes de captación de agua de neblina	67

## Capítulo

# 04

### Criterios de los procesos de diseño

76

4.1 Incidencia en los procesos de diseño

77

4.2 Análisis y diseño de captador

86

4.3 Diseño conceptual de cubierta-envolvente

101

4.4 Impacto ambiental

108

## Capítulo

# 05

### Estudio de caso Ensenada, Baja California

109

5.1 Situación Hídrica

110

5.2 Elaboración y aplicación de captador de humedad atmosférica

114

5.2.1 Resultados de captación

116

5.2.2 Calidad de agua de muestras obtenidas

118

Conclusiones y consideraciones

123

Bibliografía

125

Índice de siglas y tablas

129

Índice de imágenes

130

Índice de Ilustraciones

132

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado *“Captación de la humedad atmosférica aplicada en los procesos de diseño arquitectónico”*, se desarrolló con el objetivo de crear resiliencia<sup>1</sup>, dando respuesta a situaciones adversas que limitan el acceso al agua y requieren una alternativa de adaptación a la escasez del recurso hídrico, principalmente en lugares de sequía o mala distribución de agua potable.

La Comisión Nacional del agua (CONAGUA)<sup>2</sup> menciona que la cantidad de agua potable en el planeta tierra es escasa; debido a que del 70% que la conforma, el 2.5% es dulce, y se presenta almacenada principalmente en ríos, lagos, acuíferos y glaciares; los cuales están distribuidos en diferentes cantidades y en distintos lugares de la superficie terrestre. Estos almacenamientos son principalmente suministrados por precipitaciones, las cuales se incorporan al ciclo hidrológico por medio de la evaporación, logrando que el agua existente en la tierra este en constante movimiento.

La obtención del recurso hídrico depende del sitio geográfico en el que se habite; influyendo el clima de la zona territorial, el cual determina variables en las condiciones meteorológicas, generando hidrometeoros que contienen agua en diferentes cantidades y características; entre ellos pueden ser: niebla, neblina, escarcha, lluvia, helada, nieve y granizo; las que al presentarse en mayores cantidades facilita la adquisición del recurso mientras que otros lugares carecen de estas precipitaciones y presentan sequías.

El incremento acelerado de la población ha demandado aún más este recurso; en el año 2017 la población mundial era de 7,600 millones de habitantes; sin embargo la Organización de las Naciones Unidas (ONU)<sup>3</sup> estima que en los próximos 12 años se alcance a 8,600 millones de habitantes. Por lo tanto, la dependencia de los mantos acuíferos se verá afectada e insuficiente para el abastecimiento de las ciudades, provocando distribución limitada; debido al uso excesivo del agua potable, así como contaminación directa en almacenamientos naturales.

---

1 Resiliencia: es la capacidad de los seres humanos para adaptarse positivamente a situaciones adversas.

2 Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Organismo cuya responsabilidad es administrar, regular, controlar y proteger las aguas nacionales en México. [https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi3n\\_Nacional\\_del\\_Agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi3n_Nacional_del_Agua), Fecha de consulta 2017.

3 Organización de las Naciones Unidas (ONU) Organización global que facilita la cooperación en asuntos como el Derecho internacional, la paz y seguridad internacional, el desarrollo económico y social, los asuntos humanitarios y los derechos humanos. <http://www.un.org/es/> Fecha de consulta 2017.



La relación del agua y el ser humano es vital para su supervivencia y para sus actividades cotidianas, de las cuales, estas últimas forman parte del principal consumo. Partiendo de esto; cuando el proyectista diseña un espacio arquitectónicamente habitable para el ser humano; en la mayoría de los casos ha definido al recurso hídrico como un elemento existente que se mantendrá gracias al servicio y suministro de una dependencia; o bien, se ha enfocado en crear sistemas de almacenamiento para una solución a un posible desabasto, así como también se han realizado proyectos para la recolección de agua pluvial. No obstante faltaría añadir alternativas para las zonas de sequía o desabasto frecuente.

Esta investigación pretende demostrar la incorporación de distintas disciplinas en los procesos de diseño para generar alternativas en la obtención del recurso hídrico desde la concepción del diseño; con el objetivo de tener un medio alternativo para el suministro hídrico y abastecer actividades que requieren del consumo dentro de las edificaciones por medio de envolventes captadoras de la humedad atmosférica.

Lo anterior, se realizó diseñando una propuesta de un captador eficiente en forma y material para ser sometida con las variables meteorológicas idóneas en el software Ansys Fluent y determinar su funcionamiento, una vez analizada se propuso implementar el captador en un elemento arquitectónico exterior nombrado "cubierta envolvente" con la orientación adecuada para la captación, analizando humedad relativa, temperatura y velocidad del viento del sitio determinado; por otro lado, se optimizó la forma de la cubierta envolvente minimizando su área utilizando "Script" en Wolfram Mathematica y de este modo reducir el uso de materiales con una superficie mínima; el material utilizado fue un panel compuesto por dos capas de aluminio y un núcleo de polietileno, el cual es un material reciclable e impermeable, que de manera pasiva se obtiene que la humedad atmosférica se condense, para conducir el agua sobre la cubierta lisa hacia un almacenamiento sin afectar el interior de la edificación ni el medio ambiente.

La finalidad de esta propuesta es tener una visión a las distintas situaciones habitables que son propiciadas por la falta de agua y proponer soluciones en proyectos arquitectónicos, diseñados con integración de diferentes disciplinas sin dejar de lado el concepto sostenibilidad<sup>4</sup>, para trabajar conjuntamente en temas de energías renovables, conceptos bioclimáticos y ecológicos, e ir adoptando un modelo integral de los recursos naturales en la arquitectura.

---

4 Desarrollo sostenible definido como aquel que "satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones" Brundtland Gro Harlem, 1987, informe de la Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Nuestro futuro en común, Organización de las Naciones Unidas (ONU), fecha de consulta 2017.



## Capítulo 1

# EL AGUA EN LA TIERRA

Se sabe que la existencia del planeta Tierra es de hace aproximadamente 4,500 millones de años y que, al agua le tomó un proceso de desarrollo de 500 millones de años después de la tierra así como, de que existen dos teorías de las cuales se ha debatido su existencia.

Drake Michael J y Campins Humberto (2006)<sup>5</sup>, hablan de la teoría volcánica, en la cual se plantea que el agua se formó en el centro de la Tierra, por reacciones a altas temperaturas (800 °K) entre átomos de hidrógeno y oxígeno. Las moléculas formadas por esta reacción fueron expelidas a la superficie terrestre en forma de vapor (debido a la temperatura a la que se encontraban); algo de este vapor de agua pasó a formar parte de la atmósfera primitiva (esta atmósfera carecía de oxígeno molecular), y otra parte se enfrió y condensó para formar el agua líquida y sólida de la superficie terrestre.

Mientras que numerosos estudios realizados por la NASA apoyan los planteamientos de Tobias, Mojzsis y Scienceweek,<sup>6</sup> quienes afirman que el agua llegó a la Tierra en forma de hielo, en el interior de numerosos meteoritos, que al impactar sobre la superficie terrestre liberaron este compuesto y llenaron los océanos.

---

5 Drake Michael J., Campins Humberto, 2006, Origin of water on the terrestrial planets, International Astronomical Union, Volumen 1, pp. 381-394, <https://doi.org/10.1017/S1743921305006861>, fecha de consulta 2018

6 Origen del Agua en la tierra 2014 consultado en [bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/oceano-grafia-fisica/origen-del-agua-en-la-tierra/](http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/oceano-grafia-fisica/origen-del-agua-en-la-tierra/), fecha de consulta 2018

# 1.1 Meteorología

Rodríguez, Benito, Portela ( 2004) <sup>7</sup>, mencionan que la meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, tanto de sus propiedades como de los fenómenos que suceden en ella, llamados meteoros. La atmósfera esta conformada por diferentes capas, Germán (2017)<sup>8</sup> las describe de la siguiente manera: (Ilustración 1) la más cercana a la superficie terrestre es la troposfera, la cual se extiende desde el nivel del mar hasta más o menos unos 10-15 km de altura y contiene aproximadamente 99% del agua atmosférica.

La estratosfera que es la capa siguiente se extiende desde los 10-15 km de altura hasta los 45-50 km. La temperatura en la estratosfera es mayor en la parte superior que en la inferior, ya que conforme aumenta en altura, va absorbiendo mayor cantidad de rayos solares y va aumentando tu temperatura. La siguiente capa es la mesosfera, es la capa de la atmósfera que se extiende desde los 50 km hasta más o menos los 80 km. El comportamiento de la temperatura en la mesosfera es semejante a la troposfera, ya que desciende en altitud. Esta capa de la atmósfera, a pesar de ser fría, es capaz de frenar a los meteoritos al precipitarse en la atmósfera donde se van quemando, de esa forma dejan rastros de fuego en el cielo nocturno.

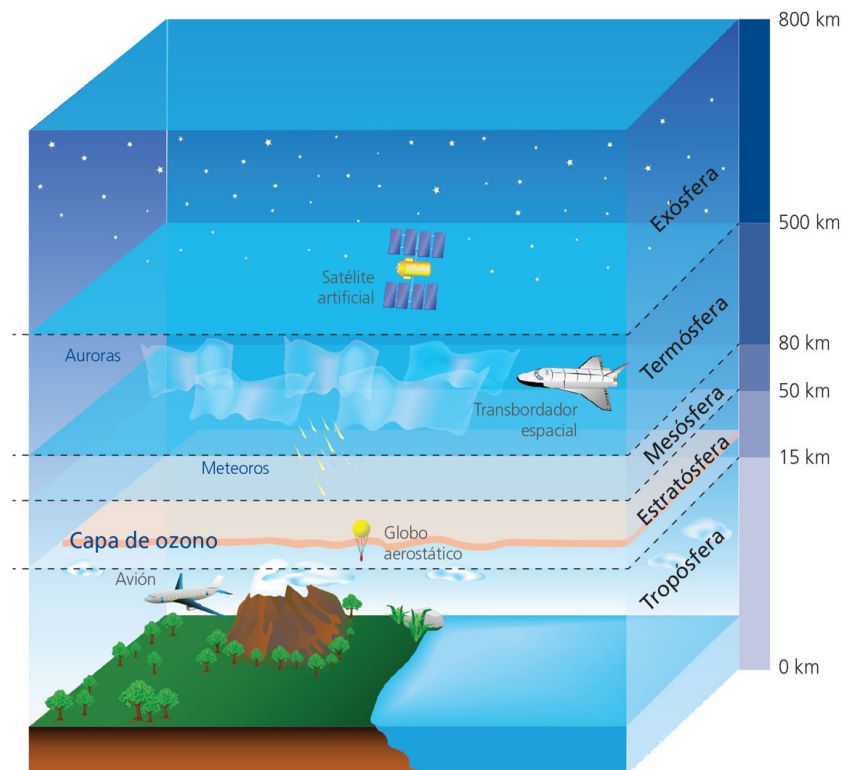


Ilustración 1. Capas de la atmósfera

Fuente: [https://www.correodelmaestro.com/publico/html5102016/capitulo1/La\\_atmosfera\\_terrestre\\_su\\_importancia\\_para\\_la\\_preservacion\\_de\\_la\\_vida.html](https://www.correodelmaestro.com/publico/html5102016/capitulo1/La_atmosfera_terrestre_su_importancia_para_la_preservacion_de_la_vida.html)

<sup>7</sup> Rodríguez J. Rosa María, et al, 2004 FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), Meteorología y Climatología consultado en <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>, pag.6, fecha de consulta 2017.

<sup>8</sup> Portillo Germán 2017, Capas de la Atmósfera consultado en <https://www.meteorologiaenred.com/capas-atmosfera.html>, parrafo no. 9 fecha de consulta 2017.

La capa de la atmósfera más amplia es la termosfera; se extiende desde los 80-90 km hasta los 500 km. A estas alturas ya apenas queda aire y las partículas que existen en esta capa se ionizan por la radiación ultravioleta. A esta capa también se le llama ionosfera debido a las colisiones de los iones que tienen lugar en ella. Por último, la exosfera, más o menos se extiende entre los 600-800 km de altura hasta los 9.000-10.000 km. Esta capa de la atmósfera es la que separa el planeta Tierra del espacio exterior y en ella los átomos se escapan, compuesta en su mayoría de hidrógeno. Portillo (2017)<sup>9</sup>

Menciona Martínez (2007)<sup>10</sup> que debido a las diferentes condiciones de las capas de la atmósfera:

“La concentración del vapor de agua en la atmósfera es muy variable espacial y temporalmente, pero su proporción promedio en un volumen mezclado de aire es del orden de 1%, por lo que puede considerarse el tercer gas más abundante en la atmósfera. El aire “seco” está compuesto de nitrógeno 78.08%, oxígeno 20.88% y argón 0.93%. Alrededor de 0.1% de la proporción del volumen mezclado total corresponde a los otros gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono).”

Sabemos que el agua forma parte del 70% de la composición de la tierra; siendo el elemento principal de la vida terrestre, el cual ha permanecido desde su existencia por la perpetuidad del ciclo hidrológico. Así también, de que el agua es un compuesto que se forma a partir de la unión de enlaces covalentes, entre dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O); formulando la molécula  $H_2O$ <sup>11</sup>, composición que se representa en la ilustración 2 y 3.

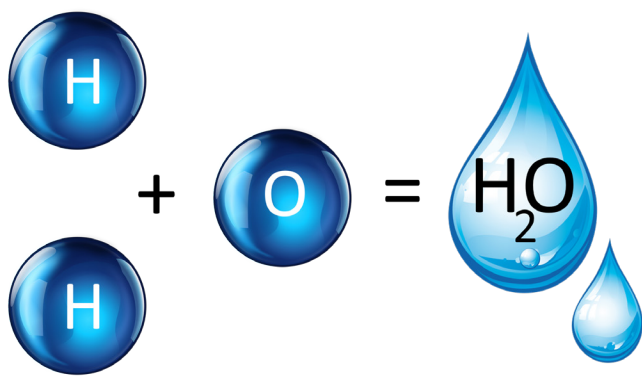


Ilustración 2. Composición Molecular del agua  
Fuente: Elaboración de la autora

**70%**

de su superficie  
está cubierta de agua



Ilustración 3. Porcentajes de agua en la tierra  
Fuente: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>

<sup>9</sup> Portillo Germán , 2017 ,Capas de la Atmósfera consultado en [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com), párrafo no. 19 fecha de consulta 2017.

<sup>10</sup> Martínez Arroyo Amparo 2007, El agua en la atmosfera, Revista de la Academia Mexicana de Ciencias, volumen 58 número 3, consultado en [www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/77-vol-58-num-3-julio-septiembre-2007/agua/117-el-agua-en-la-atmosfera](http://www.amc.edu.mx/revistaciencia/index.php/77-vol-58-num-3-julio-septiembre-2007/agua/117-el-agua-en-la-atmosfera), PDF pag.39, fecha de consulta 2017.

<sup>11</sup> Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C , <https://agua.org.mx/que-es/> párrafo 1, fecha de consulta 2017.



Las características físicas del agua son: incolora, inodora e insípida; aunque prácticamente es imposible encontrarla con tanta pureza en la naturaleza, debido a que cuenta con diversas sustancias disueltas que se han ido acumulando a lo largo de la vida del planeta. Por ejemplo: en el mar, la encontramos con cloruro de sodio y elementos como yodo, oxígeno y nitrógeno; y en los manantiales con sales de calcio y magnesio; o en algunos de ellos con otros compuestos como hierro y azufre. Presentándose en el planeta tierra en cualquiera de estas tres fases de la materia: sólido, líquido y gaseoso; como se muestra en la ilustración 4.






<b>SÓLIDO</b>	 <b>Punto de congelación a 0°C a nivel del mar</b>
	El hielo es agua en estado sólido. Flota en el agua líquida debido al aire que queda atrapado entre las moléculas de agua al congelarse.
<b>LÍQUIDO</b>	 <b>Entre 0°C - 100°C a nivel del mar</b>
	La atracción entre las moléculas de agua permite la formación de gotas; si no fuera por la gravedad de la tierra las gotas de agua tendrían una forma esférica.
<b>GASEOSO</b>	 <b>Punto de ebullición a 100°C a nivel del mar</b>
	El vapor es agua en su estado gaseoso. Está conformado por moléculas de agua que se mueven de forma rápida, constante e independiente; por lo que se esparcen muy rápido en la atmósfera proporcionando humedad al ambiente.

Ilustración 4. Fases del agua del Agua  
Fuente: <https://agua.org.mx/que-es/>

Estas fases de agua se presentan debido a que la atmósfera cuenta con diferentes variables que influyen en el estado del tiempo y el clima. Gallego Sergio (2016)<sup>12</sup> menciona que cuando se habla del concepto del tiempo se hace referencia al estado en el que se encuentra la atmósfera en el cual intervienen elementos como la temperatura, la humedad o el viento y suele cambiar todos los días. Mientras que el clima se hace referencia al promedio relativo de temperatura o de humedad en un sitio específico o determinado de la península y suele durar bastante años.

<sup>12</sup> Gallego Sergio, 2016, Climatología y Meteorología consultado en <https://www.meteorologiaenred.com/diferencia-entre-tiempo-y-clima.html>, párrafo 3, fecha de consulta 2017.

Rodríguez et al (2004)<sup>13</sup> indica que el estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo.

Las cuales definimos como: *Temperatura*: Es el grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado. *Presión Atmosférica*: Es la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. *Humedad Relativa*: Es el vapor de agua que se encuentra presente en la atmósfera.

Para poder obtener datos de estas variables meteorológicas, existen diferentes instrumentos de medición los cuales se muestran en la tabla 1 con su respectiva unidad de medida.

Tabla 1. Variables meteorológicas

<b>Variable meteorológica</b>	<b>Instrumento de medida</b>	<b>Unidad de medida</b>
Temperatura	Termómetro	° C
Presión atmosférica	Barómetro	nPa
Precipitación	Pluviómetro	l/m <sup>2</sup>
Humedad relativa	Higrómetro	%
Evaporación	Evaporímetro	mm
Velocidad del viento	Anemómetro	m/s-km/h
Dirección del viento	Veleta	°
Horas del sol	Heliógrafo	h
Radiación	Radiómetro	W/m <sup>2</sup>

Fuente: Rodríguez J. Rosa María, et al, Meteorología y Climatología

13 Rodríguez J. Rosa María, et al, 2004, FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), Meteorología y Climatología consultado en <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>, pag.6, fecha de consulta 2017.

## 1.1.1 Hidrometeoros

Los hidrometeoros son fenómenos meteorológicos que se definen como: “conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera a la superficie terrestre.”<sup>14</sup> Estas partículas pueden quedar *suspendidas en el aire, depositadas sobre objetos, o caer sobre la superficie terrestre*, clasificación mencionada por (Sánchez 2016)<sup>15</sup>

*Los hidrometeoros suspendidos* están formados por partículas muy pequeñas de agua o hielo, los principales son la niebla y la neblina. La niebla: está formada por gotas de agua muy pequeñas que pueden verse a simple vista. Estas gotas reducen la visibilidad horizontal por debajo de 1km, puede ser débil cuando se ve a una distancia entre los 500 y los 1000m, moderada cuando la distancia es entre los 50 y los 500m, y densa si la visibilidad es inferior a los 50m. La neblina: al igual que la niebla, está formada por gotas de agua muy pequeñas, pero en este caso son microscópicas. Reduce la visibilidad entre 1 y 10km con una humedad relativa al 80%.

La neblina llega a presentarse en dos fenómenos distintos, por advección y por radiación. Fernandez (2018)<sup>16</sup> las define de la siguiente manera: “la neblina por advección: Son aquellas que se producen cuando una masa de aire relativamente cálido y húmedo se mueve sobre aguas relativamente frescas.” Quiere decir que la corriente de aire caliente entra en contacto con la zona fría, y si la temperatura desciende hasta el punto de condensación forma una nube, como se aprecia en la imagen 1.

La neblina por radiación, (Imagen 2) menciona que: “Son aquellas que se forman cuando, durante las noches de invierno despejadas, el suelo pierde calor por radiación. Este fenómeno hace que se enfríe rápidamente, que al hacerlo, provoca que la humedad contenida en la masa de aire inmediatamente se condense.”



Imagen 1. San Francisco Golden Gate Fuente: [http://www.tiempohoy.es/nc/es/home/tiempo/noticias-del-tiempo/noticias-del-tiempo/article/nieblas\\_tipos\\_y\\_formacion.html](http://www.tiempohoy.es/nc/es/home/tiempo/noticias-del-tiempo/noticias-del-tiempo/article/nieblas_tipos_y_formacion.html)

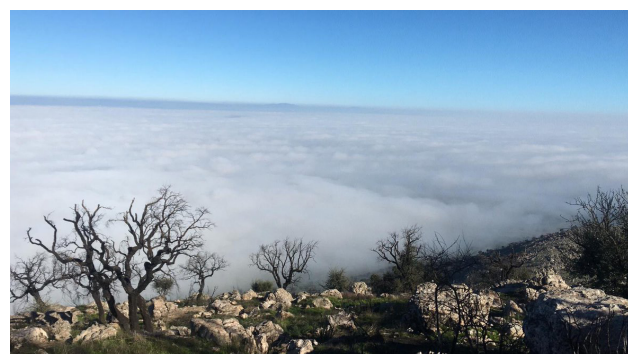


Imagen 2. Merida Yucatan Fuente: Benito Carlos [cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/](http://cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/)

14 Tu tiempo Network, S.L. Hidrometeoros recuperado en <https://www.tutiempo.net/meteorologia/diccionario/hidrometeoro.html>, párrafo 1, fecha de consulta 2018

15 Sánchez Monica 2016, ¿Qué es un hidrometeoro y cuáles son los principales tipos? recuperado en [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com), párrafo 3, fecha de consulta 2018

16 Fernández Pedro 2018, Nieblas de advección y radiación recuperado en <https://cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/>, párrafo 3, F.C 2018

Gunter D. Roth (2003) nombra tipos de niebla que pudieran aparecer de acuerdo a las características del lugar, las cuales se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de Niebla

Tipo de niebla	Lugar de aparición	Momento de aparición	Visibilidad	Características
Niebla Lacustre	Superficies de agua	al caer la tarde, por la noche o madrugada	10-20m	a 0° , escarcha y placas de hielo
Niebla a ras del suelo	Llanuras y valles de montaña	Al caer la tarde, por la noche	5-10m	Aparicion repentina. En invierno persiste durante todo el dia
Niebla de evaporación	En cualquier lugar sobre todo en las calles	Tras la lluvia cuando el sol calienta el suelo	15-20m	casi nunca supera los dos metros de altura
Niebla fluvial	En corrientes de agua	De fin de verano, al caer la tarde hasta horas de mañana.	10-20m	especial intensidad en los meses de noviembre, diciembre y enero
Nieva helada	Prados y tierras de labor	En invierno con heladas intensas	10-20m	Niebla seca que no produce hielo
Niebla de tormenta	Bosque	En verano después de precipitaciones tormentosas	15-20m	Aparece de pronto y muy localizada
Niebla costera	En el mar o terrenos costeros	En todas las épocas del año	5-10m	niebla de mezcla que el viento arrastra del mar a la tierra
Niebla de pantano	En terrenos húmedos o pantanos	En todas las épocas del año	5-10m	suele alcanzar tan solo un par de metros de altura
Smog	Zonas con concentraciones urbanas	Sobre todo en otoño o invierno	1-5m	Niebla enriquecida de humo y hollin.
Niebla de Valle	Hondonadas ondas y desfiladeros.	Al caer la tarde , con tiempo húmedo y viento en calma	10-20m	Características por jirones ascendentes de niebla.
Niebla nubosa	Montañas medias y altas	En todas las épocas del año . Con tiempo frío y ventoso.	5-10m	Niebla de mezcla. En invierno da lugar a placas de hielo.

Fuente: Gunter D. Roth ,2003, Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos , Ediciones Omega S.A., Barcelona,pag.94



Los hidrometeoros depositados sobre objetos de los que hace mención Sánchez (2016)<sup>17</sup> se producen cuando el vapor de agua de la atmósfera se condensa sobre objetos que se encuentran en el suelo; entre estos se encuentra *la escarcha* (Imagen 3) : que ocurre cuando se depositan cristales de hielo sobre objetos, con temperaturas muy cercanas a los 0 grados. *Helada* (Imagen 4): cuando la humedad del suelo se congela, se forma una capa de hielo muy resbaladiza. Y *la niebla helada* (Imagen 5): la cual se produce en zonas donde hay niebla y el viento sopla un poco. formando gotas de agua se congelan cuando entran en contacto con el suelo.



Imagen 3. Escarcha sobre vegetación  
Fuente: [www.rumtor.com/escarchas.html](http://www.rumtor.com/escarchas.html)



Imagen 4. Helada sobre alambre de puas  
Fuente: [www.rumtor.com/heladas.html](http://www.rumtor.com/heladas.html)



Imagen 5. Niebla Helada en bosque  
Fuente: [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com)

17 Sánchez Monica 2016, ¿Qué es un hidrometeoro y cuáles son los principales tipos? recuperado en [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com), párrafo 4, fecha de consulta 2018

*Los Hidrometeoros que caen de la atmósfera:* Son los que conocemos por el nombre de precipitación. Las cuales son partículas líquidas o sólidas que caen de las nubes. Por ejemplo la *lluvia* (imagen 6): que cae en partículas líquidas de agua con un diámetro superior a 0,5 mm, la *nevada* (Imagen 7): formada por cristales de hielo que caen de las nubes de lluvia y el *granizo* (Imagen 8): que es la precipitación formada por partículas de hielo con un diámetro de entre 5 a 50 mm (Sánchez 2016).<sup>18</sup>



Imagen 6. Lluvia  
Fuente: [www.muyinteresante.es](http://www.muyinteresante.es)



Imagen 7. Nevada  
Fuente: <https://www.lugaresdenieve.com/?q=es/noticia/imagenes-nevada-martes-23-abril-sierra-nevada>



Imagen 8. Granizo  
Fuente: <https://www.dallasnews.com/espanol/al-dia/dallas-fort-worth/2019/04/17/dallas-anticipan-tormentas-con-granizo-el-miercoles/>

<sup>18</sup> Sánchez Monica 2016, ¿Qué es un hidrometeoro y cuáles son los principales tipos? recuperado en [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com), párrafo 5, fecha de consulta 2018

## 1.1.2 Nubes

Las nubes están constituidas por estas gotitas de agua que se generarán debido a la evaporación y al elevarse se enfrían por el cambio de temperatura hasta condensarse, estas pequeñas gotas se mantienen en el aire debido a su pequeño tamaño, que oscila entre 0,2 y 0,3 mm de diámetro y sólo caen en forma de precipitación cuando llegan a medir entre 1 y 5 mm.

Existen 3 familias de nubes, en las que Fuentes (2000) <sup>19</sup>, describe que cuya formación depende de la velocidad de la corriente de aire ascendente.

**Nubes cumuliformes** (del latín cumulus: montón). Su formación se debe a fuertes corrientes de aire ascendente. La base de las nubes tiene forma horizontal, mientras que en la parte superior es redondeada con aspecto de algodón. (Imagen 9)



Imagen 9. Nubes cumuliformes  
Fuente: [www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tipos-de-nubes-y-prediccion-del-tiempo/](http://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tipos-de-nubes-y-prediccion-del-tiempo/)

**Nubes estratiformes** (del latín stratus: extendido). Se originan cuando la corriente de aire ascendente es débil. Se dispone en una o varias bandas horizontales que ocupan, generalmente una gran extensión. (Imagen 10)

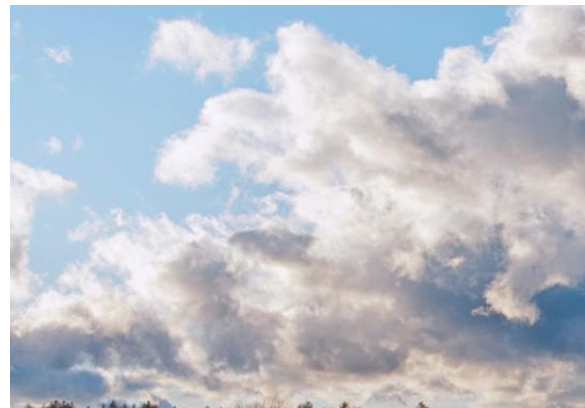


Imagen 10. Nubes estratiformes  
Fuente: [educacion.uncomo.com/articulo/tipos-de-nubes-y-sus-caracteristicas-17407.html](http://educacion.uncomo.com/articulo/tipos-de-nubes-y-sus-caracteristicas-17407.html)

**Nubes cirriformes** (del latín cirrus: rizo). Están formadas por cristales de hielo. Adoptan filamentosas delgadas. Cuando una nube estratiforme o cumuliforme da lugar a precipitaciones sea nieve lluvia o granizo se combina su nombre con **nimbus** (del latín: nube de lluvia). (Imagen 11)



Imagen 11. Nubes cirriformes  
Fuente: [www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tipos-de-nubes-y-prediccion-del-tiempo/](http://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tipos-de-nubes-y-prediccion-del-tiempo/)

<sup>19</sup> Fuentes Jose Luis 2000, Edicion Mundi-Presa, Iniciacion a la Meteorologia y Climatologica, Madrid España, pag. 59, fecha de consulta 2018



Con relación a su altura Fuentes (2000) <sup>20</sup> las clasifica en 3 tipos: *Nubes altas* :se forman a una altura superior a los 6,000 metros sobre el suelo. *Nubes medias*: se forman a una altura comprendida entre 2,000 a 6,000 metros sobre el suelo. *Nubes bajas*: se sitúan a una altura de hasta 2,000 metros sobre el suelo.

Con relación a la forma y la altura se clasifican en 10 generos.

- Cirros
- Cirrocúmulos
- Cirro estratos
- Alto cúmulos
- Alto estratos
- Cúmulos
- Estratos
- Estratocúmulos
- Nimboestratos
- Cumulonimbos

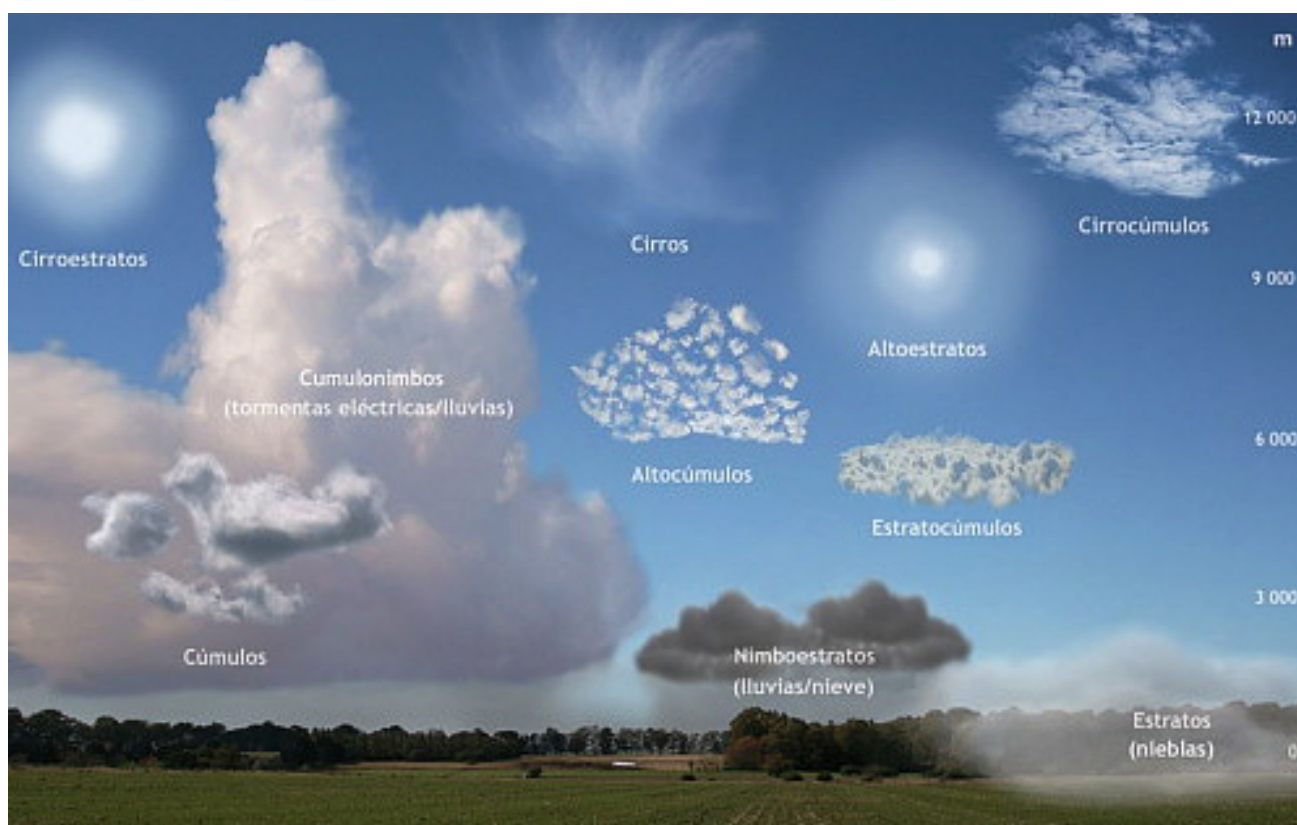


Imagen 12. Tipos de nubes.  
Fuente: <https://www.astromia.com/tierraluna/nubes.htm>

<sup>20</sup> Fuentes Jose Luis,2000, Edicion Mundi-Presa, Iniciacion a la Meterorologia y Climatologica, Madrid España, 2000, pag. 60, parrafo 3 fecha de consulta 2018

## 1.2 El clima

El clima es un sistema dinámico y cambiante en la tierra, es el encargado de determina la presencia de lluvias, su intensidad y su frecuencia. Rodríguez J. Rosa María (2004) <sup>21</sup> lo define como: “el conjunto de estados de tiempo atmosférico que se producen en una determinada región y que otorgan a ésta una particular idiosincrasia.” La gran diversidad de climas que caracterizan las distintas regiones de nuestro planeta es el resultado de la interacción de numerosos factores conocidos como controladores del clima (Ilustración 5 y Tabla 3), estos pueden ser externos, como son los factores astronómicos (distancia entre la Tierra y el Sol, inclinación del eje de rotación de la Tierra y actividad solar) o internos, como son los factores geográficos (latitud, corrientes marinas ,altitud, oceanidad, relieve (orografía ) y continentalidad (distribución tierra-mar).

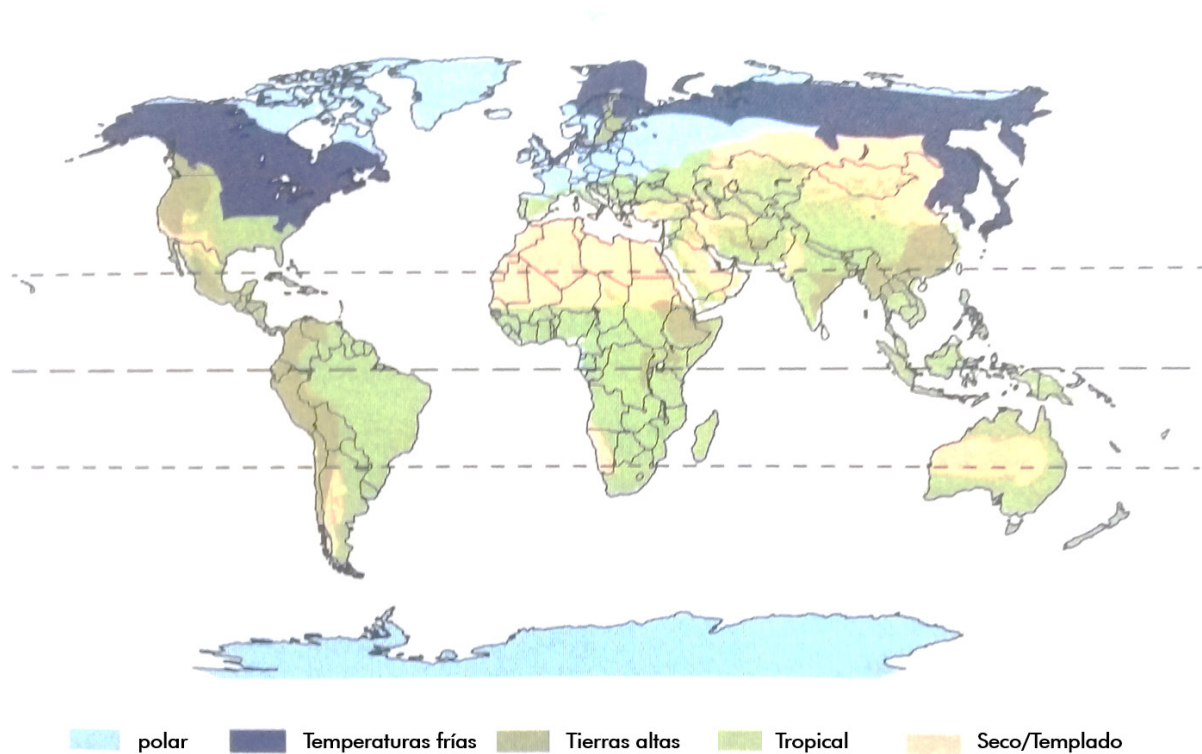


Ilustración 5 . Mapa de climas en el mundo  
Fuente: Ilaria Mazzoleni ilaria Architecture Follows Nature Biomimetic

21 Rodríguez J. Rosa María, et al, 2004 , FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) , Meteorología y Climatología, consultado en <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>, pag.6, fecha de consulta 2017.

Tabla 3. Distribución porcentual por grupo de climas

<b>Distribución porcentual continental por grupo de climas</b>	
Grupo de clima	Porcentaje
Total	100.00
Cálidos	25.90
Templados	23.01
Secos	51.08
Fríos	0.01

Fuente: INEGI Dirección general de Geografía y Medio ambiente

En 1884 el Alemán Wadimir Koppen <sup>22</sup> creó la primera clasificación de los climas en las que indica el comportamiento de las temperaturas y las precipitación; basándose principalmente en la distribución de la vegetación. Dividiendo los climas en seis principales nombrados por letras.

### **Grupo A: Tropical**

*Tropical húmedo.*-Es un clima cálido pero con presencia regular de lluvias: la precipitación anual supera los 150 centímetros, en la cual las temperaturas varían muy poco durante todo el año.

*Tropical húmedo y seco.*- También se conoce como sabana tropical. En este caso, las temperaturas varían de forma moderada pero suelen ser cálidas a calurosas. (Imagen 13)



Imagen 13. Clima Tropical  
Fuente: www.clima-de.com

### **Grupo B: Seco**

*Árido.*-Los veranos son muy calientes y los inviernos son frescos o templados y las precipitaciones son bajas.

*Semiárido.*- Aunque es un clima caluroso, es más moderado que el clima árido. Las regiones con este clima se ubican entre las que tienen un clima árido y las que experimentan climas tropicales. (Imagen 14)

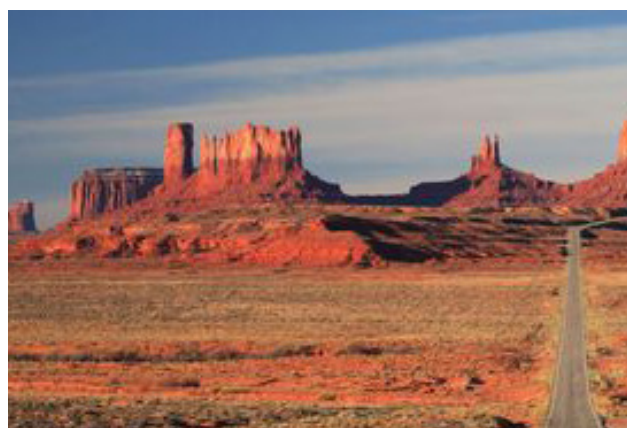


Imagen 14. Clima Seco .  
Fuente: Blog Miguell Angel Veras

22 Geo Enciclopedia, Tipos de climas consultado en <https://www.geoenciclopedia.com/tipos-de-clima/>, parrafo 5, fecha de consulta 2018



**Grupo C: Latitudes media o Moderado**

*Mediterráneo.*- Es un clima cálido a caluroso. Mientras que los inviernos son lluviosos, los veranos son secos.

*Subtropical húmedo.*-Regiones con este tipo de clima se ubican normalmente en la parte oriental de los continentes. Experimentan veranos húmedos y calurosos e inviernos fríos. Las precipitaciones están distribuidas de forma regular durante el año, pero es común la presencia de huracanes. (Imagen 15)



Imagen 15. Clima Mediterráneo  
Fuente: Elaboración de la autora

Marino de la costa oeste. Sólo abarca las zonas oeste de los continentes en donde la dirección del viento es del mar hacia la tierra. Los inviernos son frescos a templados y los veranos son cálidos, con presencia de lluvias moderadas la mayor parte del año. Ejemplos de ciudades con este clima: Seattle, Estados Unidos y Wellington, Nueva Zelanda.

**Grupo D: Continental**

*Continental húmedo.*- Las regiones con este clima tienen veranos moderados a calientes e inviernos fríos. Durante todo el año, la diferencia de temperaturas puede ser por debajo de  $-3^{\circ}$  a  $22^{\circ}$  centígrados. Gran parte de Europa del Este presenta un clima continental húmedo.



Imagen 16. Clima Continental  
Fuente: www.lostipos.net

*Subártico.*- Una zona con este clima tiene veranos frescos e inviernos fríos. La mayor parte de sus precipitaciones ocurren durante el verano. El clima está presente en el norte de Escandinavia y Siberia. <sup>23</sup> (Imagen 16)

<sup>23</sup> Geo Enciclopedia, Tipos de climas recuperado consultado en <https://www.geoenciclopedia.com/tipos-de-clima/>, párrafo 7, fecha de consulta 2018

### **Grupo E: Polar**

*Tundra.*- Su clima es seco y el suelo está regularmente cubierto con permafrost, una capa de hielo. Domina los límites norte de Norteamérica y algunas partes de Rusia y por supuesto, los bordes de la Antártida.

*Capa de Hielo.*- Es el clima más frío que tiene la Tierra, pues las temperaturas pocas veces están por encima del punto de congelación. Está presente en Groenlandia y la mayor parte del continente antártico. (Imagen 17)



Imagen 17. Clima Polar  
Fuente: [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com)

### **Grupo H: Clima de tierras altas**

Este grupo no se encuentra en la clasificación de Köppen se introdujo posteriormente para agrupar los climas que no corresponden a ninguno de los anteriores. Se presenta en terrenos montañosos muy elevados, naturalmente. Las zonas con este clima experimentan rápidos cambios de elevación, lo que ocasiona cambios climáticos rápidos en distancias cortas. Se da en grandes cordilleras: Andes, Himalaya y el Tíbet. (Imagen 18)

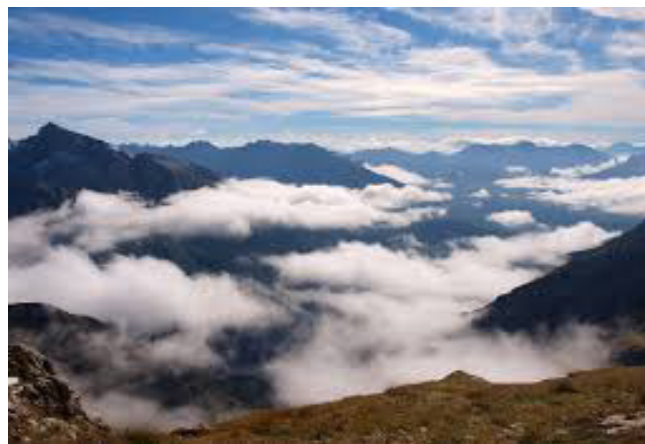


Imagen 18. Clima de tierras altas  
Fuente: [pxhere.com](http://pxhere.com)

Existen países áridos y húmedos; años secos y años lluviosos; dentro de un mismo país, las lluvias pueden concentrarse en pocas semanas al año, y luego pueden venir periodos largos de sequía; como ocurre en aquellas regiones de clima mediterráneo.

“Se estima que alrededor de tres cuartas partes de las precipitaciones anuales que caen, son en zonas donde se concentra menos de un tercio de la población mundial.” Gleick, P.H. (1993) <sup>24</sup> Esta desigual distribución da lugar a que existan países con abundantes recursos hídricos, mientras otras no puedan satisfacer sus necesidades básicas. Esto quiere decir que la disponibilidad local o regional de agua dulce se halla desigualmente repartida por el planeta; existiendo millones de personas en el mundo que no tienen acceso a suministros de agua purificada para su uso.

<sup>24</sup> Gleick, P.H. 1993. Water and conflict: Fresh water resources and international security. International Security 18, Vol. 1, pag112.



El clima se encuentra determinado por diferentes factores, como son la latitud geográfica, la altitud con respecto al nivel del mar, la distribución de tierras y mares, y las diversas condiciones atmosféricas como son la temperatura, precipitación, presión y nubosidad, entre otras.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) <sup>25</sup> indica que México goza de una favorable influencia marítima, la cual propicia considerables invasiones de masas de aire húmedo que penetran al país procedentes del Golfo de México y el Océano Pacífico, lo que contribuye a la presencia de un clima en gran medida isotermal, alejado de los efectos llamados de continentalidad, consistentes en enfriamientos y calentamientos excesivos en invierno y verano, respectivamente. (Ilustración 6) En la tabla 4 se muestran los climas de los estados mexicanos con su temperatura y precipitación media anual.

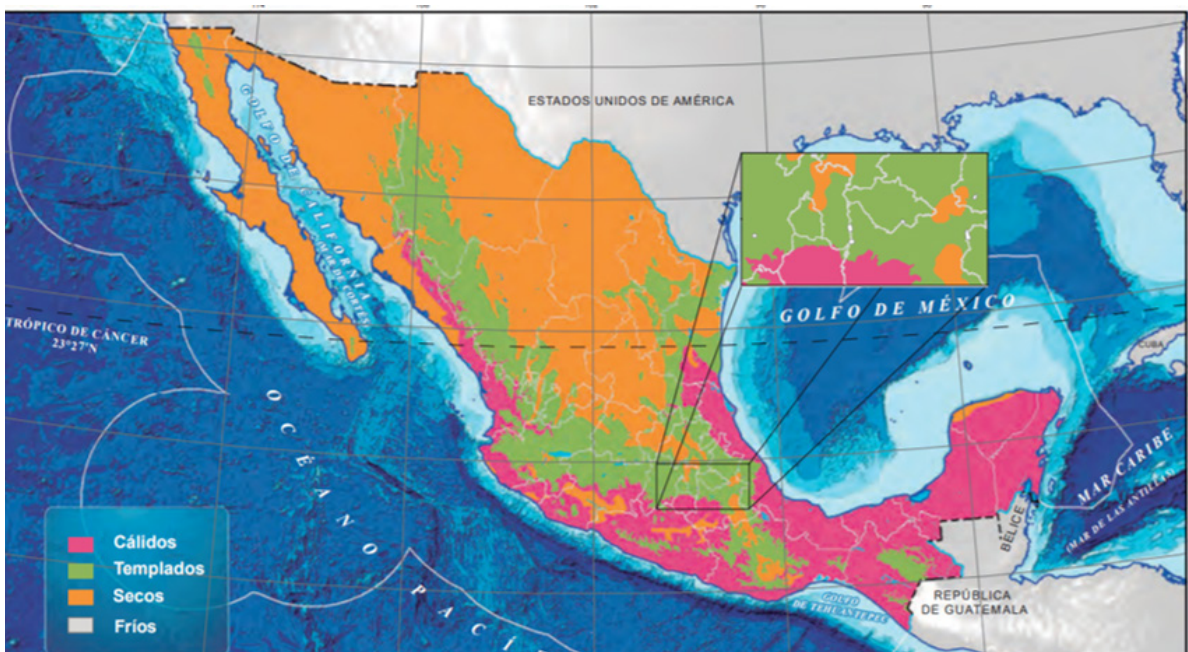


Ilustración 6. Mapa de climas en México  
Fuente: INEGI

“En la ciudad de México la mayor parte de su territorio se presenta clima Templado subhúmedo 87% En el resto se encuentra clima Seco y semiseco 7% y Templado húmedo 6 %.”  
<sup>26</sup> (Ilustración 7)

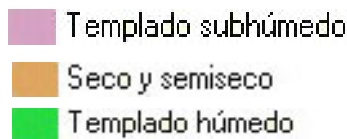


Ilustración 7. Clima Ciudad de México Fuente: INEGI

<sup>25</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) consultado en [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218\\_2.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218_2.pdf) , fecha de consulta 2018

<sup>26</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) consultado en <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09>, párrafo 1, fecha de consulta 2018

Tabla 4. Grupo de Climas, intervalos de temperatura media anual y de precipitación total anual de las entidades federativas.

<b>Grupo de climas, intervalos de temperatura media anual y de precipitación total anual de las entidades federativas</b>			
<b>Entidad federativa</b>	<b>Grupo de climas</b>	<b>Intervalo de temperatura media anual °C</b>	<b>Intervalo de precipitación total anual (mm)</b>
Aguascalientes	Seco y templado	12 a 22	400 a 700
Baja California	Seco y templado	6 a 24	menos de 100 a 300
Baja California sur	Seco y templado	14 a 26	menos de 100 a 400
Campeche	Cálido	24 a 26	800 a 1200
Coahuila de Zaragoza	Seco y templado	8 a 22	200 a 500
Colima	Cálido, seco y templado	10 a 28	600 a 1500
Chiapas	Cálido y templado	10 a 30	800 a 4500
Chihuahua	Seco, templado y cálido	8 a 26	200 a 1200
Ciudad de México	Seco y templado	6 a 18	500 a 2000
Durango	Seco, templado y cálido	8 a 26	300 a 1500
Guanajuato	Templado y seco	10 a 24	300 a 1000
Guerrero	Cálido, seco y templado	12 a 30	500 a 2000
Hidalgo	Templado, seco y cálido	10 a 24	400 a 2000
Jalisco	Templado, cálido y seco	4 a 28	400 a 2500
México	Templado, cálido, seco y frío	0 a 26	500 a 2000
Michoacán de Ocampo	Cálido, templado y seco	8 a 30	400 a 2000
Morelos	Cálido, templado y frío	2 a 26	800 a 2000
Nayarit	Cálido, templado y seco	14 a 28	600 a 2500
Nuevo León	Templado y seco	8 a 24	200 a 1200
Oaxaca	Cálido, templado y seco	8 a 30	600 a más de 4500
Puebla	Cálido, templado, seco y frío	0 a 26	300 a 4500
Queretaro	Seco, templado y cálido	10 a 24	400 a 3500
Quintana Roo	Cálido	24 a 28	800 a 2000
San Luis Potosí	Seco, templado y cálido	10 a 26	200 a 3500
Sinaloa	Cálido, seco y templado	10 a 26	200 a 2000
Sonora	Seco, templado y cálido	8 a 28	Menos de 100 a 1000
Tabasco	Cálido	22 a 28	1500 a 4500
Tamaulipas	Templado, seco y cálido	10 a 26	300 a 2000
Tlaxcala	Templado y seco	2 a 16	600 a 1200
Veracruz de Ignacio de la Llave	Cálido, templado, seco y frío	0 a 28	500 a más de 4500
Yucatán	Cálido, seco	24 a 28	400 a 2000
Zacatecas	Seco, templado y cálido	10 a 24	300 a 1000

Fuente: INEGI

## 1.2.1 Factores Geográficos

Como se mencionó anteriormente, el clima es determinado por estados meteorológicos y por su ubicación geográfica, dentro de los climas mencionados se identifican regiones con diferentes factores tales como: latitud, corrientes marinas, altitud, oceanidad, relieve y continentalidad. Algunos de estos factores son fáciles de apreciar a simple vista y otros requieren medidas y datos angulares entre un punto y otro por medio de coordenadas geográficas sobre la superficie esférica.

Las corrientes marinas, apreciables a simple vista; son masas de agua en los océanos determinantes para enfriar o entibiar el aire. Incidiendo en las presiones, humedad y hábitat de los seres vivos. Por otro lado la tierra presenta relieves en su superficie continental, que dependiendo su forma y su posición determinan la dirección del viento (sotavento) en el que influye cuando unas masas lo reciben de frente (barlovento); generando cambios en temperaturas y precipitaciones. Dentro de estas podemos nombrar "El efecto Foehn; que se produce cuando una barrera montañosa obliga a los vientos que provienen de temperaturas cálidas y húmedas a subir a la parte de más alta, donde la temperatura es menor generando condensación y produciendo precipitaciones." <sup>27</sup> (Ilustración 8)

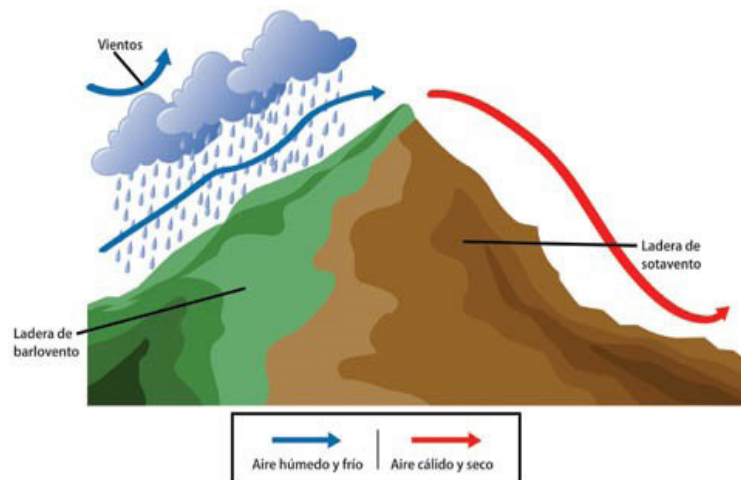


Ilustración 8. Efecto Foehn

Fuente: <http://www.discovery-8.com/el-efecto-fohen/>

<sup>27</sup> Discovery, El efecto fohen consultado en <http://www.discovery-8.com/el-efecto-fohen/> fecha de consulta 2018

El viento es aire que se mueve en relación a la superficie de la Tierra, debido a las diferencias de presión que hay en la atmósfera. Estas diferencias de presión se forman encima de las regiones calentadas por el sol de forma desigual, teniendo que, donde la Tierra está caliente, el aire se calienta y dilata aumentando su presión respecto a los sitios fríos. Esto quiere decir que el aire se mueve de las zonas de alta presión a aquellas de baja presión produciendo vientos a gran altura.

Estas fuertes corrientes de aire ascendentes del ecuador, calentadas por el sol ayuda a que suba la temperatura del resto del planeta. Mientras que los vientos procedentes de los océanos llevan humedad a los continentes, originando lluvia y nieve.<sup>28</sup> Quiere decir que el flujo del aire se mueve del ecuador a los polos, mientras que la tierra gira de este a oeste por el efecto coriolis llamada a la aceleración perpendicular al eje de rotación se genera circulación general de la atmósfera; el aire caliente y ligero que se dirige a los polos y el aire frío y denso que regresa al ecuador. (Ilustración 9)

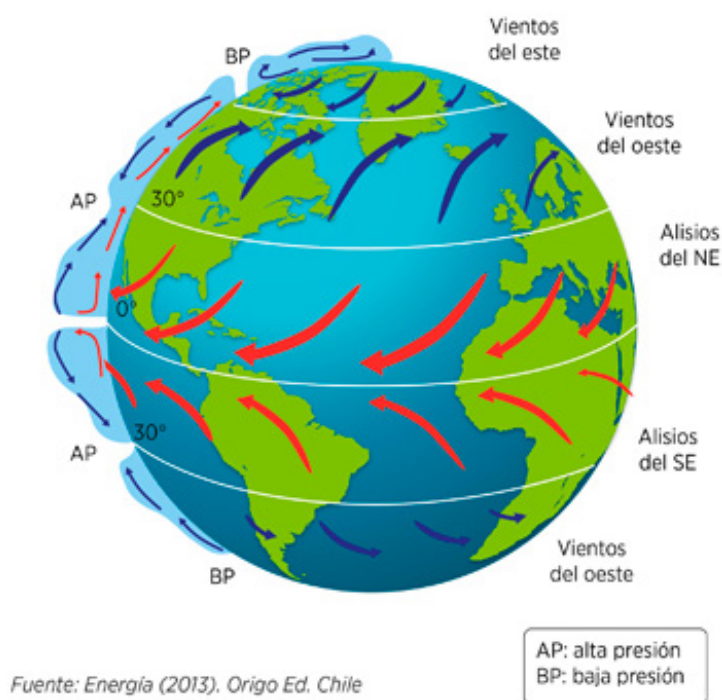


Ilustración 9. Circulación de viento

Fuente: <http://www.aprendeconenergia.cl/el-viento-infinita-fuerza-energetica/>

28 Enciclopedia Ilustrada de Ciencias de la Naturaleza, Tiempo y Clima, Time Life Learning 1998, pag. 32, 40

Existen otros factores que requieren una medición específica entre ellos se encuentran: la latitud, altitud y oceanidad. Fuentes (2000)<sup>29</sup> indica que la altitud es en la cual influyen los relieves de la tierra antes mencionados ya que es la distancia de un punto de la tierra con relación al nivel del mar; en las zonas de menor altitud el aire es más denso y es capaz de retener el calor, mientras que en las zonas más altas las temperaturas descienden.

Esto se debe a que en troposfera la presión del aire y la temperatura disminuyen a medida que aumenta la altitud, ya que el aire se enfría unos  $6.4^{\circ}\text{C}$  por kilómetro de altura, llamado gradiente vertical térmico. Teniendo que las masas de aire suben, se dilatan y se enfrían a distintos ritmos, a lo cual se le llama enfriamiento adiabático. Mientras que el gradiente adiabático es una columna estable en que la parte de arriba es más fría, pero la parte que sube se enfría por gradiente adiabático. En cambio en la estratosfera la temperatura aumenta con la altitud.

Fuentes también define que la latitud, es la distancia de un lugar con respecto a la línea ecuatorial, variando el clima de acuerdo a que tan al norte o al sur de la línea ecuatorial se encuentre. Las más cercanas a él, son más cálidas mientras que las tierras más alejadas se presentan más frías, y así hasta llegar al hielo de los polos. Por otro lado, la oceanidad se refiere a la distancia de un lugar con respecto al mar; afectando directamente la temperatura, la humedad y la pluviosidad. En el caso de los lugares más cercanos al mar, poseen temperaturas más moderadas y con menor oscilación térmica que en el interior de los continentes.

---

29 Fuentes Jose Luis 2000, Edicion Mundi-Presa, Iniciacion a la Meterorologia y Climatologica, Madrid España pag. fecha de consulta 2018



## 1.3 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico se refiere a el movimiento del agua entre la atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera según Ordoñez (2011)<sup>30</sup> interactuando en la capa de gases de la tierra y las capas terrestres: la litosfera es la capa sólida de la tierra, fragmentada en oceánica y continental; la hidrosfera es la capa de agua existente sobre la Tierra y la biosfera: es la capa en la cual se desarrolla la vida en la Tierra, haciendo posible la circulación simultánea de agua por medio de diferentes procesos como se muestra en la ilustración 10.

El proceso con mayor importancia es la evaporación, que por medio de la reflexión de los rayos solares directamente sobre los océanos, ríos y lagos, calientan la superficie del agua, elevando las moléculas en diminutas gotas en forma de vapor hacia la atmósfera. Incluso las plantas devuelven un porcentaje de agua hacia la atmósfera por medio de transpiración, liberando humedad que se eleva para ser parte nuevamente del ciclo hidrológico.



Ilustración 10. Procesos del ciclo del agua. Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos.(U.S. Geological Survey -USGS)

30 Ordoñez Gálvez J. ,2011 Ciclo Hidrológico, Foro Peruano para el Agua GWP Perú , pag 7, consultado en [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/ciclo\\_hidrologico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf) ,fecha de consulta 2017

Al subir este vapor con determinada temperatura interactúa con los gases suspendidos (aire sobre la troposfera) y éste es capturado por ellos formando las nubes en el cielo, que cuando son saturadas hacen posible las precipitaciones, debido a la condensación, ya que cuando en el vapor de agua se encuentra en su temperatura más baja, produce diferentes precipitaciones que en la mayoría de los casos se presenta en lluvia y que por medio de escorrentía<sup>31</sup> fluye por la tierra sedimentándose o filtrándose subterráneamente creando mantos acuíferos, o en otros casos estancándose en la superficie formando múltiples almacenamientos naturales en la litosfera.

Cuando hablamos de la humedad relativa en el aire nos referimos a ese porcentaje de vapor de agua que contiene una porción de aire, en relación con la que puede contener dada su temperatura. Se dice que la humedad relativa está al 100% cuando se indica que esa porción de aire no puede contener más vapor, si la temperatura del aire saturado aumenta, aumentará su capacidad de contener vapor de agua y disminuirá la humedad relativa. Con base a esto quiere decir que mientras mayor sea la temperatura del aire, podrá contener más vapor de agua.

Este ciclo del agua no solo sucede en temperaturas altas, también ocurre en los polos del planeta tierra, en los cuales existen las temperaturas más bajas de la superficie terrestre, y en ellos se encuentran los glaciares que por medio de fusión pasan de estado sólido a líquido dentro de los océanos, y posteriormente por sublimación, cambiando de estado sólido a gaseoso e interactúa en conjunto dentro del ciclo hidrológico.

La interacción de cada proceso varía regionalmente; ya que el 70 % de la evaporación terrestre tiene lugar en las latitudes tropicales; como en selvas tropicales húmedas, en ellas se da la mitad del total de la precipitación anual y se retorna al aire por transpiración de la vegetación, otra cuarta parte es por medio de evaporación de cuerpos de agua y el resto se regresa al mar. Ciertamente la evaporación del mar es mayor que la precipitación sobre él, mientras que en los continentes llueve más de lo que se evapora. Esto quiere decir que hay una transferencia neta de agua del mar a los continentes, lo cual se compensa parcialmente con el aporte que ríos, escorrentías y aguas subterráneas hacen tarde o temprano al mar.

---

31 Escorrentía: Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

### 1.3.1 Almacenamientos naturales

Según Llorente (2003)<sup>32</sup>, la cantidad de agua de la tierra no ha variado con el paso del tiempo, se estima que es la misma cantidad desde su existencia, algunos estudios sobre el tema indican que el agua no se crea ni se destruye, solo fluye, se transforma y se renueva a través del ciclo natural. De manera que con el paso del tiempo ha sido almacenada en diferentes reservorios renovándose por medio del ciclo hidrológico y permaneciendo distribuidos en diferentes puntos del planeta tierra con sus propias características.

Tabla 5. Orden de porcentaje de existencia de agua en la tierra.  
Fuente: Pidwimy 2006.

Reservorios	Porcentaje
Océanos	97.25
Glaciares	2.05
Agua subterránea	0.68
Lagos	0.01
Suelos húmedos	0.005
Atmósfera	0.001
Ríos	0.0001
Biosfera	0.0004

Fuente: [www.gwp.org](http://www.gwp.org)

Como podemos observar en la tabla 5, los océanos cuentan con el mayor porcentaje de agua; sin embargo no es fácil el proceso de purificación para ser utilizada para el consumo, ni para las actividades del ser humano; ya que entre sus propiedades destaca la salinidad que aumenta su densidad. Mientras que la densidad del agua dulce es de 1000 kg/m<sup>3</sup> la densidad del agua del mar es de aproximadamente unos 1027 kg/m<sup>3</sup>.

En las actividades humanas el agua más utilizada es la dulce; proveniente de dos fuentes principales; las aguas superficiales (lagos, ríos, arroyos o manantiales) y las subterráneas que se encuentran en los mantos acuíferos. Esto quiere decir que la escasez de agua no se deriva de la cantidad existente en el planeta, sino de la cantidad de agua dulce y de los procesos de obtención para mejorar la calidad de aguas saladas.

<sup>32</sup> Llorente Natalia, et al 2003 El agua, recurso limitado. Sequía, desertificación y otros problemas, Estudios de Política Exterior Fundación Ecológica y Desarrollo (Coord.) ,España, pag. 25



En la ilustración 11 podemos observar según datos de la Comisión Nacional del agua (CONAGUA) que la cantidad de agua dulce en el planeta tierra es escasa; debido a que del 70% que la conforma el 2.5% es dulce, y se presenta almacenada principalmente en ríos, lagos, mantos acuíferos y glaciares.

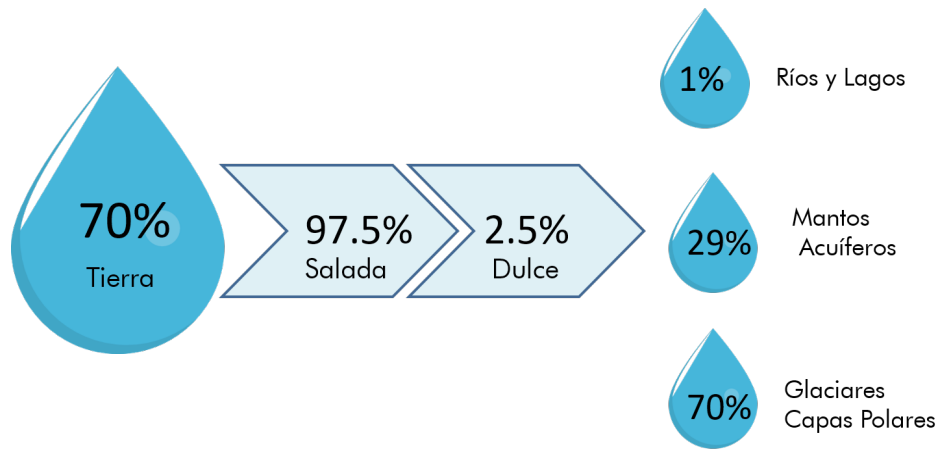


Ilustración 11. Porcentajes de agua dulce y salada en la tierra  
Elaboración de la autora

Se estima que el 10% de la Tierra está cubierta de glaciares y en tiempos geológicos ese porcentaje llegó al 30%. En la actualidad, el 91% del volumen y el 84% del área total de glaciares está en la Antártida; el 8% del volumen y el 14% del área en Groenlandia, sumando el resto de los glaciares un 1% del volumen y 4% del área. Siendo estos variados en su forma <sup>33</sup> (Imagen 19)



Imagen 19. Paisaje de Glaciares  
Fuente: [www.lmneuquen.com](http://www.lmneuquen.com)

<sup>33</sup> Acuae fundacion consultado en <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/datos-del-agua/glaciares-parte-esencial-del-ciclo-del-agua/>, parrafo 4 fecha de consulta 2018

## Capítulo 2

# DEMOGRAFÍA Y CONSUMO HÍDRICO

Los seres humanos se han situado en la cercanía de los reservorios para lograr una estabilidad territorial pero sobre todo para su supervivencia. Actualmente, en el Siglo XXI la sociedad tiene diferentes acciones para poder satisfacer sus necesidades. Sin embargo, aunque nos encontramos en un mundo globalizado siguen existiendo distintas situaciones de vida en diferentes lugares del mundo. Por otro lado, el crecimiento acelerado de la población y el consumo inadecuado del recurso hídrico, ha disminuido y limitado su distribución.

## 2.1 Asentamientos prehistóricos y almacenamientos creados por el hombre

Los seres humanos han aprendido a adaptarse a los cambios estacionales para programar actividades agrícolas, de pesca y de construcción. Desde tiempos antiguos han creado soluciones para disponer del agua en la tierra y protegerse de los eventos naturales. Como se sabe las primeras civilizaciones se establecieron en Egipto, Mesopotamia, China y la India las cuales se encontraban cerca de ríos y lagos. (Ilustración 12 y 13)

En Mesoamérica se instalaron en las regiones montañosas, “ procedentes de Siberia cazaban animales y recogían frutos, pero al desaparecer los mamíferos del pleistoceno comenzaron a recolectar más frutos y por lo tanto aprendieron a sembrarlos, por medio de canales del río. Posteriormente se establecieron cerca de sus milpas construyendo casas con troncos y ramas.”<sup>34</sup> Siendo muchas de esas civilizaciones capaces de analizar los astros, conocer las estaciones del año y periodos de lluvias, para mejorar su cosecha.



Ilustración 12. Mapa de primeras civilizaciones  
Fuente: [www.vcastello.wordpress.com](http://www.vcastello.wordpress.com)

34 Comunidad planeta azul , Agua y civilizaciones antiguas consultado en <https://comunidadplanetaazul.com/> fecha de consulta 2018



Ilustración 13. Diseño de canales para dirigir el agua del río en Mesopotamia

Fuente: <https://www.slideshare.net/SergioGA82/1-eso-tema-10-primeras-civilizaciones-mesopotamia-y-egipto-76123250>

“ En el Medio Oriente, entre dos ríos el Tigris y Éufrates surgió la antigua cultura Sumeria. Lograron establecer leyes para regular el uso del agua y crearon impuestos para mantener los sistemas de riego en el Valle del río Nilo.”<sup>35</sup>

En el caso de los romanos construyeron los primeros acueductos para almacenar el agua en cisternas localizadas en puntos elevados cercanos a las ciudades, para después ser distribuida por gravedad a través de una red de tuberías a fuentes públicas y baños. En las cuales las aguas residuales se regresaban a través de un sistema de alcantarillas enterradas en sus calles. (Ilustración 14)

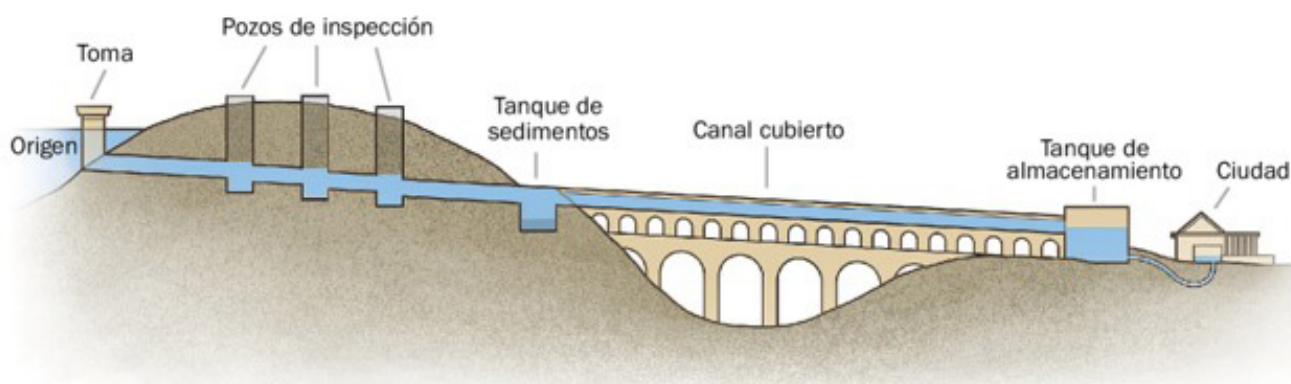


Ilustración 14. Acueductos romanos

Fuente: [www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201411/acueductos-romanos-ingenier%C3%ADa/](http://www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201411/acueductos-romanos-ingenier%C3%ADa/)

<sup>35</sup> Comunidad planeta azul ,Agua y civilizaciones antiguas consultado en <https://comunidadplanetaazul.com/>, fecha de consulta 2018



La ubicación de los principales asentamientos humanos de los incas estuvieron siempre en las partes altas, lejos de la fuerza devastadora de los ríos o quebradas, que tantas vidas o pérdidas económicas generan actualmente.

Algunos de su innumerables los vestigios de obras descomunales son los canales de riego que, muchas veces, cruzan los andes llevando las aguas de una cuenca hacia otra. <sup>36</sup> (Imagen 20)



Imagen 20. Sistema Hidraulico, region cusco

Fuente: [https://hidraulicainca.com/?fbclid=IwAR1-kP378HN22OGigLC8Q-bsma\\_vy9LFjfcD3DZzTGOYq1Nk\\_ppnKAp-GOvg](https://hidraulicainca.com/?fbclid=IwAR1-kP378HN22OGigLC8Q-bsma_vy9LFjfcD3DZzTGOYq1Nk_ppnKAp-GOvg)

En China se encuentra Yangtze Kiang el río más largo que fue la “cuna de la civilización China”, pero sus crecientes fueron un problema, y para controlarlas desarrollaron un sistema estatal de irrigación, mientras que en América del Norte la tribus nativas construyeron canales para irrigar terrenos desérticos para la agricultura.<sup>37</sup>

En México la primera cultura establecida fue la olmeca en el preclásico medio de 1200 a.C a -400 a.C ubicada en al norte de Tabasco y sur de Veracruz en la que los ríos jugaron un papel principal en el nacimiento de la civilización principalmente el rio Coatzacoalcos.

<sup>36</sup> Sistemas hidraulicos incas consultado en <https://hidraulicainca.com/acerca-de/sistemas-hidraulicos-pre-incas-e-incas/>, párrafo 8

<sup>37</sup> Agua y civilizaciones antiguas consultado en <https://comunidadplanetaazul.com/>, fecha de consulta 2018

Palenque es otro ejemplo de asentamientos fue llamado Lakaham lugar de las grandes aguas, nombre que se ganó porque en la zona brotan manantiales y se encuentran los ríos como el Otulum y cerca el río Usumacinta. En el caso de los teotihuacanos rendían culto a la lluvia con su dios de la tormenta llamado "Tláloc".

Monte Albán (Preclásico Medio 1500-700 a. C) ubicado en Oaxaca se asentaron los zapotecos que con la presencia del río Atoyac, su clima cálido y lluvias moderadas favorecieron la agricultura. En el caso de la ciudad de México la cultura azteca (posclásico tardío), se desarrolló en medio de un lago, donde se estableció su civilización cultural en la que desarrollaron "chinampas"<sup>38</sup> para su cultivo.

Así como estas civilizaciones mesoamericanas, se fueron estableciendo unas y otras debido a la fertilidad de los suelos húmedos, la presencia de precipitaciones o desembocaduras de agua. En las cuales algunas de estas culturas han dejado registros de símbolos de las prácticas ceremoniales relacionadas con el agua, así como sus sistemas de captación y distribución.

Debido a que las lluvias no se distribuyen regularmente a lo largo del año, y desde tiempos pasados, los primeros pobladores lograron mediante almacenamiento artificiales disponer de agua en épocas en las que no se presentaban precipitaciones. Logrando posibilidades de almacenamiento de agua para la buena administración y planificación de las aguas dentro de una ciudad.

Durante la República Romana siglos III y IV a.C. la ciudad de Roma en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas la Domus que contaba con un espacio principal a cielo abierto (atrio) y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia.

Siglos después el uso de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvias cambió a otro tipo de obras para la utilización del agua superficial y subterránea, entre ellos son: presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación. Una presa o también llamada embalses es una acumulación artificial de agua en un ambiente natural, es producto de una intervención humana con el objetivo de almacenar agua para fines de uso y/o consumo. Es generada con la construcción de un muro como cierre, para interceptar un curso de agua, aunque también pueden aprovecharse depresiones naturales del terreno conduciendo agua por medio de canales, tuberías o túneles.<sup>39</sup>

---

38 Chinampas: Método precolombino de cultivar plantas a base de jardines flotantes que se construyeron en lagos. Elaboradas con caña y barro para sembrar sobre ellas.

39 Adler, FJ. 2006 Los embalses y los recursos hídricos superficiales. Argentina. Ciencias Exactas y Tecnología, pag 51, fecha de consulta 2018

Los embalses regulan el recurso hídrico para transferir agua a lugares de mayor demanda y también sirven para garantizar disponibilidad en épocas de sequía. Menciona Winter (2002)<sup>40</sup> “El objetivo de almacenar agua en embalses o presas es el de utilizar el agua para su uso común como agua potable, irrigación, generación de energía eléctrica, regulación de crecidas de ríos; además se puede utilizar para la recreación y proveer de hábitat a la vida silvestre. ”

Sin embargo; menciona Adler (2006)<sup>41</sup> “en los embalses se observan pérdidas de agua que se dan por evaporación (especialmente en regiones áridas), por infiltración (en función de la geología del lugar), a través de la pared y cimentación de la presa lo que depende de los materiales de construcción y pérdidas de volumen. ”

Aún con la postura de Alder la fabricación de presas no se ha detenido ya que se realizan con el objetivo que menciona Winter, y podemos observar que existen diferentes tipos de presas: presas de fábrica de hormigón: a) gravedad b) contrafuerte c) Arco y presas de materiales sueltos llamadas d) tierra o escollera. (Ilustración 15)

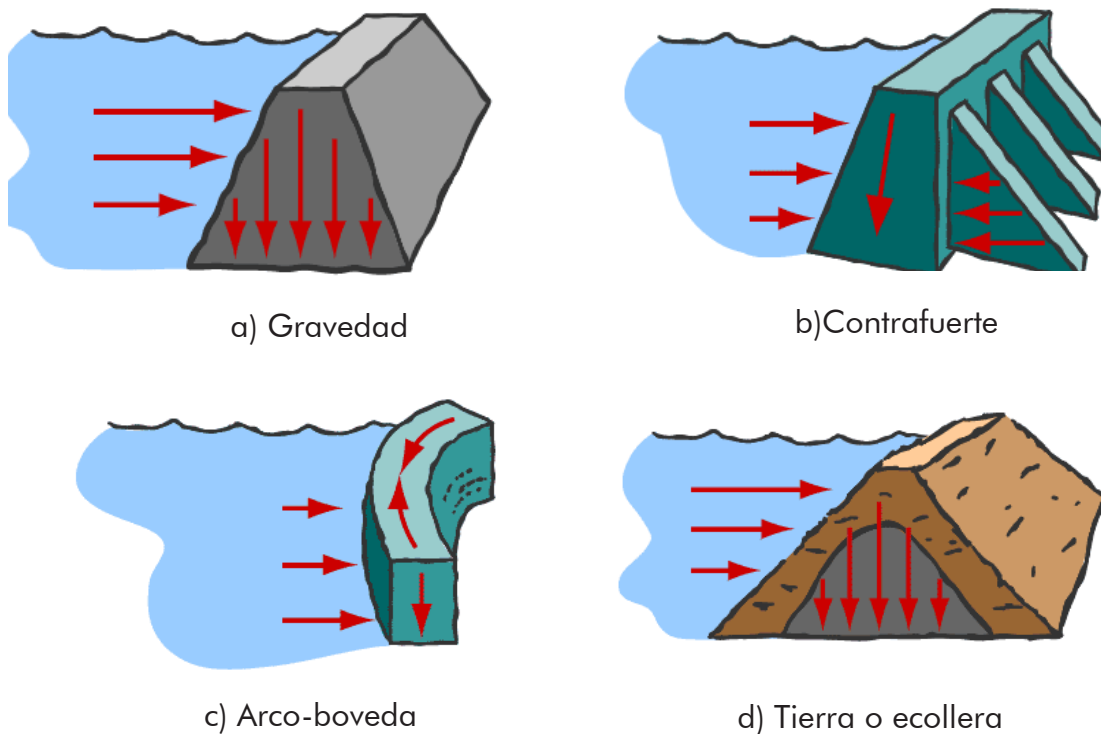


Ilustración 15. Tipos de presas  
Fuente: [www.ingecivil.net](http://www.ingecivil.net)

40 Winter, T. et. al. Ground water and surface water a single resource. U.S. Geological Survey Circular 1139. U.S. Government Printing Office. 2002, pag 69

41 Adler, FJ.2006 Los embalses y los recursos hídricos superficiales. Tucumán, Argentina. Ciencias Exactas y Tecnología

Aunque algunos de los problemas originados por la construcción de grandes presas describe Malinow, W.<sup>42</sup> que pueden ser aspectos sociales tales como: desplazamientos, desarticulación comunitaria y pérdida de recursos comunales, afección a comunidades asentadas aguas abajo con pérdida de fertilidad y fauna acuática de importancia económica, cambios de régimen de caudales, pérdidas de patrimonio cultural. Existen otras consecuencias ya que el desarrollo urbano ha logrado que estas acciones por encima de querer beneficiar a alguna comunidad han creado pérdidas de integración entre los habitantes y su medio natural; en la página LA Network<sup>43</sup> una comunidad colaborativa que genera conocimiento sobre las ciudades latinoamericanas habla en una nota, sobre la modernidad, el proceso de industrialización, hicieron que lentamente los pueblos, y en el caso particular las ciudades, se desconectaran de sus ríos, de sus cuerpos de agua. Ellos terminaron siendo contaminados, relegados, olvidados. Les dieron la espalda.

En los últimos años y ante el inocultable deterioro ambiental, varias metrópolis han puesto de nuevo la mirada en sus ríos como ejes integradores de desarrollo, para ser más resilientes y sostenibles.

Es claro que aunque estos proyectos son muy ambiciosos para las ciudades, debido a que requieren mucho presupuesto y tiempo para su implementación, es posible lograrlos con una planificación pública adecuada, la participación de la ciudadanía, la voluntad política y la colaboración del sector privado en la región.

---

42 Malinow, W. Presas de embalse y el reparo de las comunidades, ¿cómo superarlos? In. VI Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Neuquén, AR. VICAPYAH, Comité Argentino de Presas. sp. 2010

43 LA Network, Recuperar los ríos de las ciudades, una prioridad mundial consultado en <https://la.network/rios/?fbclid=IwAR17lfnTPEmwyQ9MiXR7SWaBVncxqgvirrLufqncZ9Aa9x1a8K8iBQ7OSys>



## 2.2 Demografía

La población mundial en el año 2017 era 7.600 millones de personas, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que para el año 2030 se alcance una población de 8.600 millones de habitantes y para el 2050 aproximadamente un total de 9.800 millones. (Ilustración 16)

Los países más poblados son China y la India, con una estadística que la India rebasará la población de China en el año 2024. Por otro lado el país que está creciendo con más velocidad es Nigeria a tal grado que superará la población de Estados Unidos antes del 2050. "La expectativa de vida también ha aumentado gradualmente en 15 años del 2000 al 2015, ya que entre los años 2000 y 2005 era de 65 años hombres y 69 años mujeres y entre el 2010 y 2015 las edades fueron de 69 años los hombres y 73 años las mujeres."<sup>44</sup>

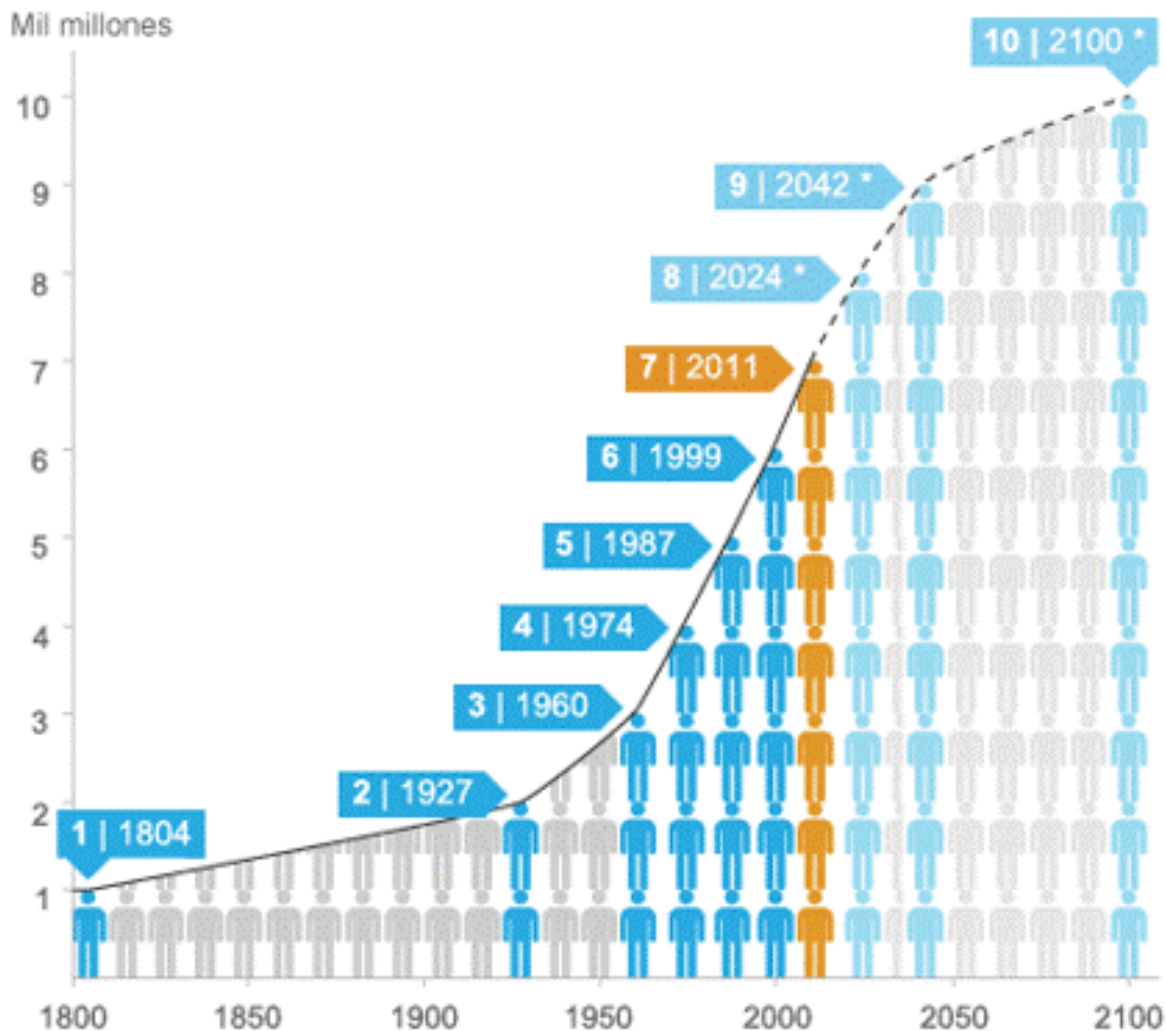


Ilustración 16. Gráfica de estimación de crecimiento de población mundial  
Fuente: ONU en [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/10/111026\\_poblacion\\_informe\\_am](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/10/111026_poblacion_informe_am)

44 ONU Departamento de asuntos económicos y sociales, La población mundial aumentará consultado en <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>, párrafo 12

En los siguientes mapas se expresa gráficamente, el crecimiento de población en 35 años de 1980 al 2015 en la ilustración 17, y la comparativa de los próximos 35 años del 2015 al 2050 ilustración 18.

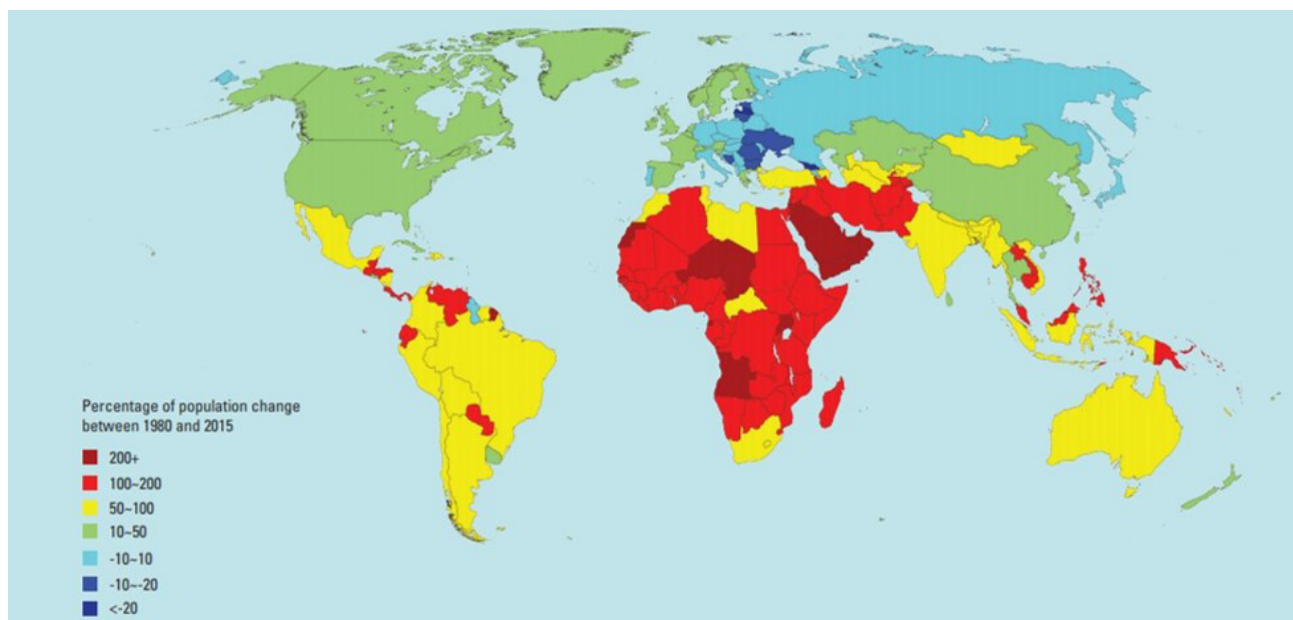


Ilustración 17. Crecimiento Estimado de Población, 1980-2015, Fuente: United Nations Population Division en [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_Wallchart.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_Wallchart.pdf)

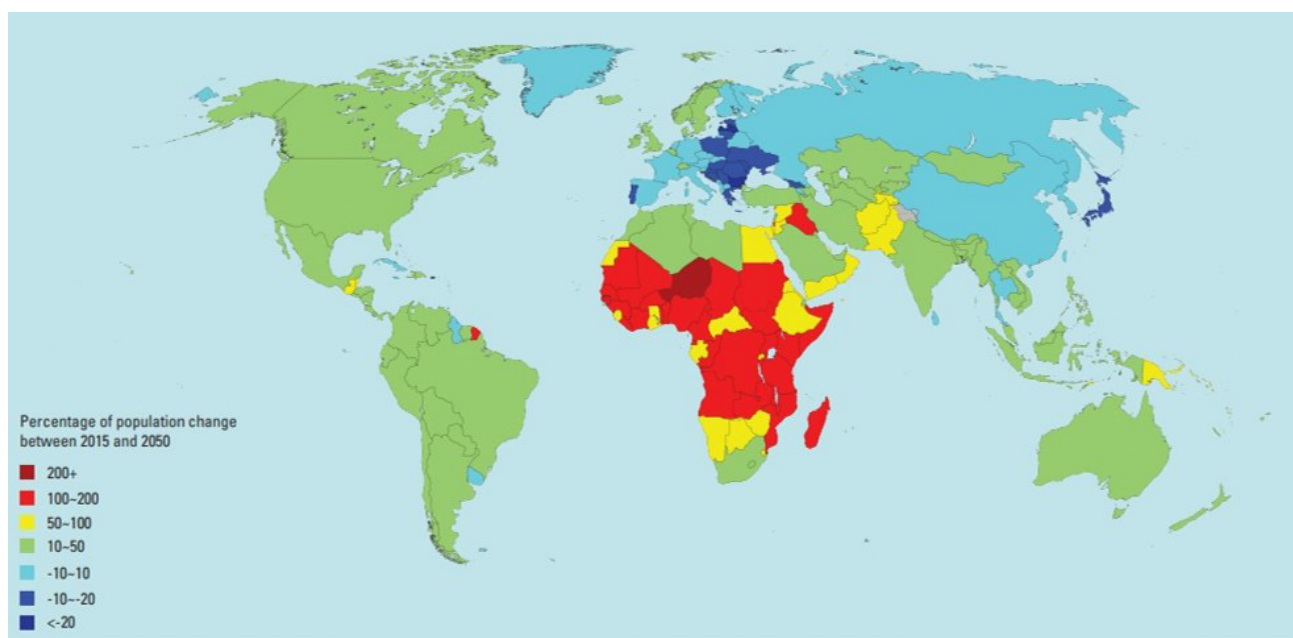
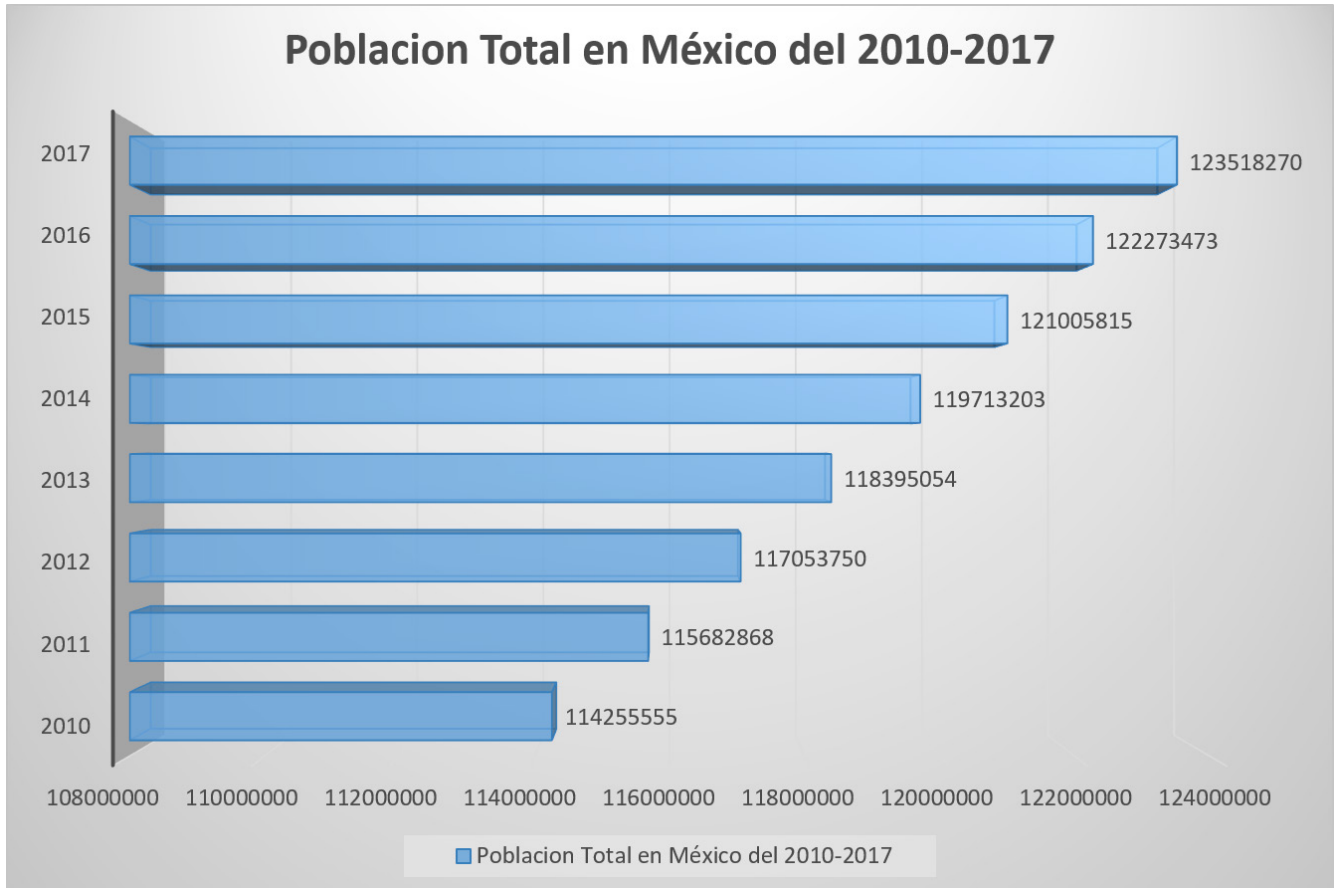


Ilustración 18. Proyección del crecimiento de Población, 2015-2050, Fuente: United Nations Population Division en [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_Wallchart.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_Wallchart.pdf)

México está entre los países con más población del mundo. Se estima que tiene una densidad de población moderada de 64 habitantes por Km<sup>2</sup>. <sup>45</sup> (Gráfica 1)



Gráfica 1 Crecimiento de la población en México.  
Fuente: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/mexico>

<sup>45</sup> Expansión, México- Población, consultado en <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/mexico>, fecha de consulta 2018

## 2.3 Consumo Hídrico Mundial y en México

El uso que le damos al agua en nuestro hogar y en nuestras actividades generales puede mejorar generando conciencia y hábitos de respeto al medio natural debido a que algunas actividades no son adecuadas contaminan el agua y limita la reutilización del recurso.

El consumo doméstico de agua por habitante se mide en litros por habitante al día (L/hab-día) y se le denomina consumo per cápita; el cual nos arroja un porcentaje de consumo en sus actividades básicas diarias de una población y nos genera un panorama del nivel de desarrollo económico y social. El agua dulce utilizada varía mucho de una región a otra del planeta, incluso dentro de un mismo país. Por regla general, el consumo elevado de agua potable se da en países ricos y, dentro de estos, los consumos urbanos duplican a los consumos rurales.

En la tabla 7 se representan datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (UNESCO) los 10 países con mayor extracción de agua dulce al año, en los tres sectores socioeconómicos. La agricultura representa el 70% de la extracción mundial de agua menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). que aproximadamente el 75% de todas las extracciones de agua industrial se utilizan para la producción de energía.

Tabla 7. Países del Mundo con Mayor Extracción de Agua y Porcentaje Agrícola, Industrial y abastecimiento público(urbano)

NO.	País	Extracción total a (km <sup>3</sup> /año)	% Uso agrícola	% Uso Industrial	% Uso abastecimiento público
1	India	761.0	90.4	2.23	7.4
2	China	554.1	64.6	23.21	12.2
3	Estado Unidos de América	478.4	40.2	46.11	13.7
4	Pakistán	183.5	94.0	0.76	5.3
5	Irán	93.3	92.2	1.18	6.6
6	Japón	88.4	62.5	17.87	19.7
7	Indonesia	82.8	91.3	0.68	8.0
8	México	80.6	76.7	9.20	14.1
9	Filipinas	78.9	83.1	9.45	7.4
10	Vietnam	71.4	68.1	24.14	7.8

Fuente: [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo\\_8.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf) pag 119



La Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>46</sup> considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar) es de 50 L/hab-día. A estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y, por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce. Teniendo en cuenta estos parámetros, se considera una cantidad mínima de 100 L/hab-día.

Declara también que a nivel mundial, se extraen actualmente unos 3,600 km<sup>3</sup> de agua dulce para consumo humano, es decir, 1,600 L/hab-día, de los cuales, aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, infiltra al suelo o vuelve a algún cauce) y, de la otra mitad, se calcula que el 70% se destina a la agricultura, el 22% a la industria y, tan solo el 8% a consumo doméstico.

De acuerdo con la World Economic Forum<sup>47</sup>, México se encuentra en los 5 países de mayor consumo per cápita: entre ellos están Estados Unidos con 575 L, Australia 493 L, Italia 386 L, Japón 374 L, México 366 L, España 366 L y Noruega 301 L estos son los países que destacan por su elevado consumo diario de agua por habitante. En la ilustración 19 se aprecian los países con escasez de agua.

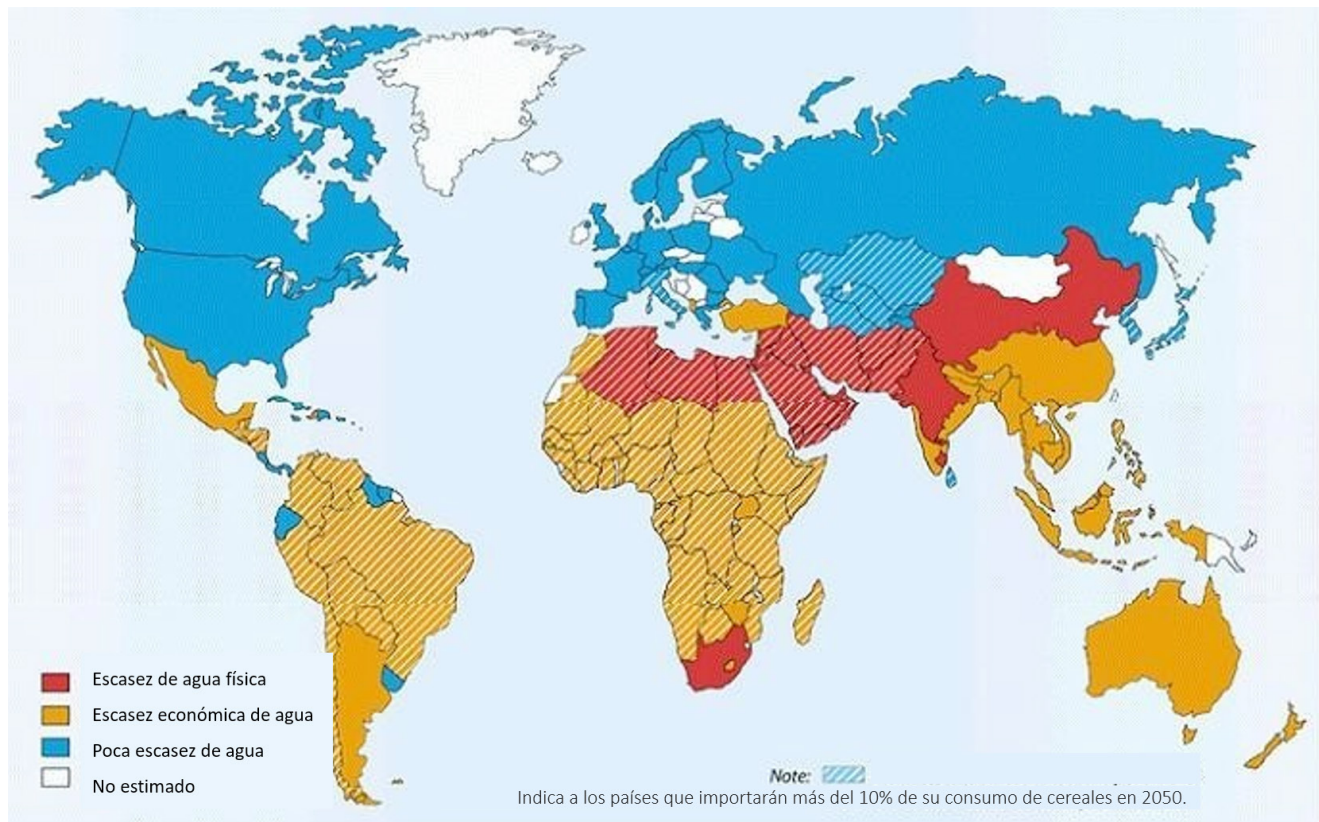


Ilustración 19. Países del Mundo con escasez de agua

Fuente: <https://newsweekespanol.com/2018/09/mexico-esta-entre-los-cinco-paises-con-mayor-consumo-de-agua/>

46 Ambientum, Consumo de agua per capita consultado en [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp), párrafo 6, fecha de consulta 2018.

47 Newsweek, México está entre los cinco países con mayor consumo de agua consultado en <https://newsweekespanol.com/2018/09/mexico-esta-entre-los-cinco-paises-con-mayor-consumo-de-agua/> fecha de consulta 2018

El agua es necesaria para todas las formas de vida, es un elemento crucial para el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales de los que dependemos para sobrevivir y es un factor estratégico para el desarrollo del país.

Según CONAGUA <sup>48</sup> México recibe alrededor de 1,489 mil millones de metros cúbicos al año de agua en forma de precipitación, de los cuales el 67% cae entre junio y septiembre, sobre todo en la región sur-sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), donde se recibe 49.6% de la lluvia. De este total 73% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22% escurre por los ríos o arroyos y 6% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos.

En la ilustración 20 se observa que al norte del país la disponibilidad de agua es de 0 a 100 ( $\text{hm}^3/\text{km}^2/\text{año}$ ) mientras que al sur es mayor que 700( $\text{hm}^3/\text{km}^2/\text{año}$ ).

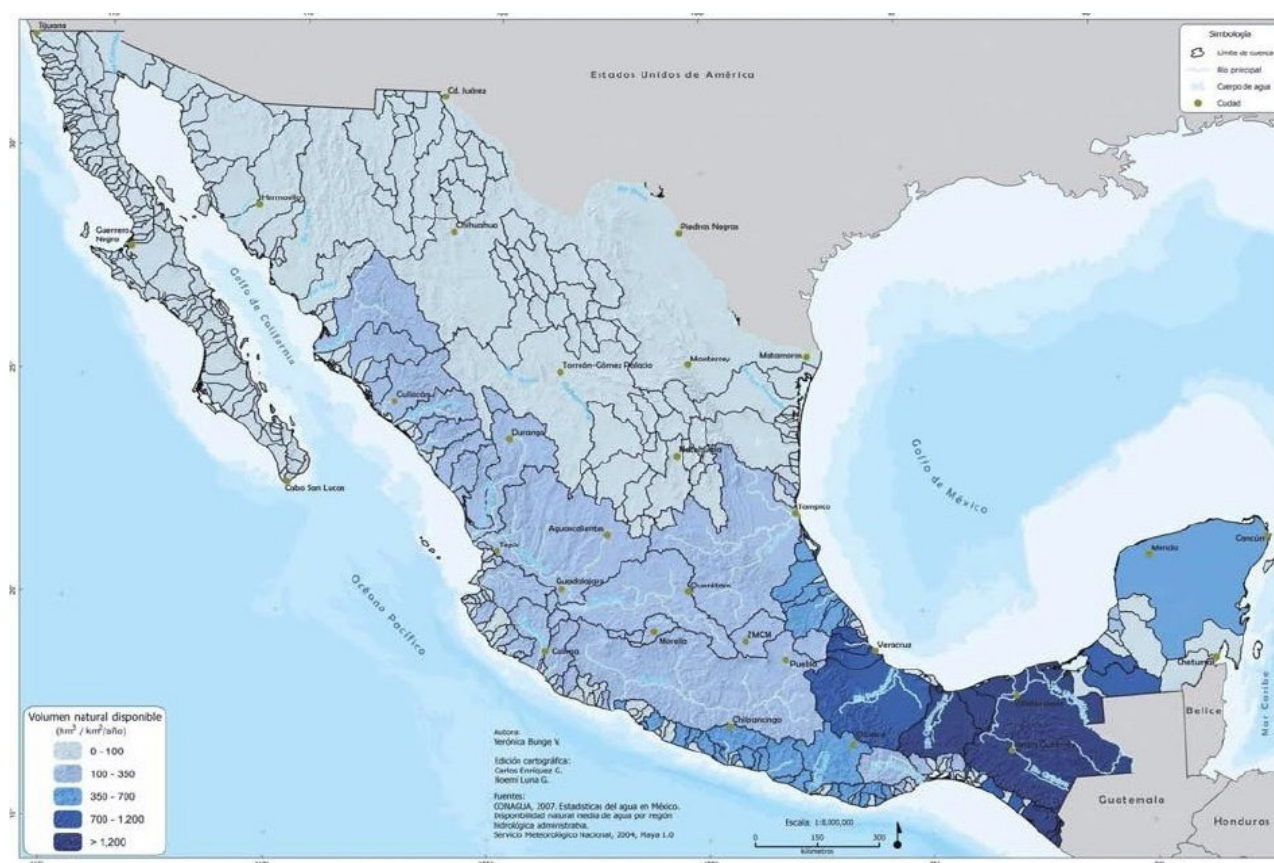


Ilustración 20. Mapa de disponibilidad de agua de México  
 Fuente: Helena Cotler, 2010. en <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>

48 CONAGUA, Visión general del agua en México, en Atlas del Agua Diciembre de 2015 consultado en [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx), fecha de consulta 2018



## 2.3.1 Complejidad Sociocultural

Las costumbres de una sociedad son determinantes a su lugar de hábitat, mientras que para unos la accesibilidad de agua es abundante en otros países es limitado. Sin embargo en algunos casos no ha sido razón para deshabitar el sitio, al contrario han generado costumbres de usos con la poca cantidad de agua que la naturaleza les ofrece, y es que existen pobladores que se ven en la necesidad de realizar largas caminatas para cubrir sus actividades básicas del uso de agua.

De acuerdo con los indicadores de carencia social de INEGI como se presentan en la tabla 8, los servicios básicos se encuentran en una clasificación que ha ido variando, sin embargo son reflejo de los otros indicadores.

Tabla 8. Indicadores de carencia social el 2008 a 2016.

Indicador de carencia social	Personas (millones)				
	2008	2010	2012	2014	2016
Rezago Educativo	24.1	23.7	22.6	22.4	21.3
Carencia por acceso a los servicios de salud	44.8	33.5	25.3	21.8	19.1
Carencia por acceso a la seguridad social	71.3	69.6	71.8	70.1	68.14
Carencia por calidad y espacios de vivienda	19.4	17.4	15.9	14.8	14.8
Carencia por acceso a los servicios básicos de vivienda	21.1	26.3	24.9	25.4	23.7
Carencia por acceso a la alimentación	23.8	28.4	27.4	28.0	24.6

Fuente: INEGI

Al no contar con el recurso en abundancia, recurren a reservorios para su obtención, los cuales en la mayoría de los casos no es verificada la calidad de agua para un uso o consumo humano perjudicando principalmente la salud. Sin embargo las costumbres de cada sitio varían desde actividades en el hogar, escolares o de trabajo, hasta en el proceso de alimentación.

Podemos decir que existe dos tipos de agua de primer uso; la principal de ellas es el agua purificada, que requiere el ser humano para sobrevivir manteniendo el cuerpo humano hidratado. Por otra parte, tenemos el agua potable que es la que usamos en actividades cotidianas tales como la higiene personal, aseo del hogar, lavado de objetos, alimentos y vestimenta; estas actividades que son necesarias para el ser humano, en algunos lugares son limitadas por la ubicación y en otros lugares por la mala distribución.

La organización Mundial de la Salud (OMS) y El Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (UNICEF), estiman que en el mundo 2100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 4500 millones carecen de saneamiento seguro. El saneamiento deficiente y el agua contaminada están relacionados con enfermedades como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea, esto porque son 159 millones de personas que aun beben agua no tratada, procedente de arroyos o lagos.

Debido a la falta de saneamiento en los hogares al no disponer agua comparten servicios sanitarios de inodoro o letrina o en el peor de los casos defecan al aire libre al no disponer de instalaciones básicas como en el caso de África subsahariana. Lo ideal es que en el hogar exista agua potable libre de contaminación y accedan a inodoros.

Ciertamente el agua funge como principal elemento del desarrollo sostenible, sin ella la producción de alimentos, ecosistema y supervivencia del ser humano sería imposible. Pero no sólo eso, también genera productividad económica necesaria para el crecimiento de un país.

Si se habla dentro de un marco legal en el artículo 27 de la Constitución Política de Estados Unidos Mexicanos, declara "La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada"

En noviembre del 2002 el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales otorgó a todos los seres humanos el derecho a contar con agua suficiente, a precio asequible, físicamente accesible, segura y de calidad aceptable para usos personales y domésticos.

La Asamblea General de las Naciones Unidas <sup>49</sup> reconoció en julio de 2010 el derecho humano al agua y al saneamiento de todos los seres humanos, afirmando el tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal entre 50 y 100 litros de agua por persona y día y debe de ser segura, aceptable y asequible el costo ya que no debería superar el 3% de los ingresos del hogar y la fuente debe estar a menos de 1,000 m del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos.

Por último, en Septiembre del 2015 se aprobó la agenda de desarrollo sostenible 2030, ( Ilustración 21) la cual contiene 17 objetivos aplicados a partir del 1 de Enero del 2016, para promover la protección al medio ambiente y el bienestar de los seres humanos. Dentro de estos 17 objetivos, algunos están relacionados con el uso del agua, por ejemplo en los objetivos 2 y 3 , indican la importancia de luchar contra el hambre y la buena salud, refiriéndose a satisfacer las necesidades del ser humano, no solo de alimentación sino también de hidratación, para mantener una buena salud.

---

49 ONU Departamento de asuntos económicos y sociales, El derecho humano al agua y saneamiento consultado en [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)

El objetivo 6 hace mención específica del agua potable y el saneamiento, esta con el objetivo de garantizar la disponibilidad de agua de acceso y saneamiento; así como también la calidad y cantidad para disponer de ella dentro de un uso eficiente.



Ilustración 21. Objetivos Desarrollo Sostenible 2030  
Fuente: ONU

Por otro lado, tenemos el problema de contaminación de los ríos y mares por acciones de colonias o empresas que han desechado sus desperdicios hacia aguas naturales, matando distintas especies marinas, y perjudicando directamente a los habitantes. Estas acciones por mínimas que sean influyen en desastres naturales, contaminación y deterioro del medio ambiente.

El comportamiento de la sociedad por falta de agua, es diferente según la región; por ejemplo; un sitio con frecuentes precipitaciones pluviales y con un aviso oportuno de suspensión de suministro de agua, con otro en comparación con una ciudad que tiene bajas precipitaciones pluviales y es sorprendido con una suspensión de agua, nos muestra diferentes reacciones ante las situaciones con la dependencia de la red urbana.

El primer caso; la Ciudad de México, con una problemática de sobrepoblación e inundaciones frecuentes, con la gran posibilidad de captar el agua de lluvia, pero con poco espacio para su recolección.

El día 31 de octubre del 2018, a causa de una macro obra que organiza la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para darle mantenimiento a distintas zonas del sistema Cutzamala, (Ilustración 22) 13 alcaldías fueron afectadas y 480 colonias tuvieron nulo o poco abastecimiento, se estimó que 3.8 millones de personas se encontraron sin agua hasta el 6 de noviembre del 2018, fecha en la que terminó de regularse por completo el suministro.

Esta prevención logró que con un aviso oportuno los habitantes afectados tuvieran la oportunidad de almacenar agua obteniéndola de sus propias llaves, para estar preparados ante el desabasto, además de que surgieron acciones de abstenerse de hacer un excesivo consumo y un uso inadecuado, debido a la incertidumbre de que se prolongara el corte de agua. Sin embargo, la ciudad contó con medios de información para avisar a la población como se muestra en la ilustración 22.



## Aviso Importante

Debido a las obras de reparación y mantenimiento que Conagua realizará al Sistema Cutzamala **el suministro de agua a la Ciudad de México se verá afectado en 13 Alcaldías.**



Ilustración 22. Aviso de corte de agua  
Fuente: Secretaría de desarrollo social

Por otro lado, la ciudad de Ensenada Baja California con escasa precipitación pluvial y que sin aviso a la población, realiza cortes de agua tanto por mantenimiento de instalaciones hidráulicas como por escasa presión del suministro al estado, siendo los más afectados los habitantes de la periferia por la falta de suministro, ya que al depender de la red urbana y sin posibilidades de captar agua de precipitaciones, los habitantes se encuentran en la necesidad de recurrir a comprar agua por medio pipas que suministran en distintas colonias por la situación, y de no ser posible esa disponibilidad, llegan a comprar garrafones de agua potable.

Mientras que la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) encargada del abastecimiento en Ensenada, por medio de diferentes avisos y publicaciones, no solamente alerta de los cortes de agua, si no que también explica las razones de la escasez de agua de la ciudad, para generar la conciencia del consumo. (Ilustración 23 y 24)



# ¿Qué puedo hacer para cuidar el agua?

Los ensenadenses actualmente vivimos la peor sequía de la historia, el cuidado del agua es responsabilidad de todos, con estos prácticos consejos estaremos aportando a su cuidado.

**Almacena agua y prepárate para emergencias**

Pon una cubeta bajo la regadera y aprovecha el agua fría para actividades de limpieza

Báñate en el menor tiempo posible, 5 minutos son suficientes

Reusa el agua de la lavadora o trastes para otras actividades

Utiliza una cubeta para lavar tu carro, NO uses la manguera

Y recuerda: "Tú que si la tienes CUIDALA"

Ilustración 23. Recomendaciones para hacer un buen uso del agua  
Fuente: CESPE.gob

# ¿POR QUÉ FALTA EL AGUA EN ENSENADA?

Ensenada se localiza en una zona semidesértica con escasas lluvias. Esta situación se ha agravado en los últimos 3 años al grado de que Ensenada ocupa el primer lugar en sequía extrema en todo el país.

En verano Ensenada necesita hasta 850 litros de agua por segundo para abastecer a toda la población. En la actualidad la producción de todas nuestras fuentes es de apenas 700 litros por segundo.

Nuestras fuentes de abastecimiento han disminuido considerablemente su producción debido a la sequía.

Hay infraestructura hidráulica que ya cumplió con su vida útil provocando fugas que tenemos que reparar.

En la ciudad hay fraccionamientos que no han cumplido con la infraestructura necesaria para que CESPE pueda brindar el servicio regularmente.

Todos los días estamos detectando tomas clandestinas y personas que se roban el agua. Por favor ayúdanos reportando estas prácticas.

**DENUNCIA AL 073**

Ilustración 24. Razones de escasa agua en Ensenada  
Fuente: CESPE.gob

## 2.4 Distribución y calidad de agua

Actualmente en el siglo XXI el proceso de captación del agua que consumimos en nuestros hogares es proveniente de ríos, manantiales, acuíferos y precipitaciones. En casos donde el agua es escasa recurren a filtrar agua por medio de una desalinizadoras. En cualquiera de los dos casos el agua debe ser potabilizada para tener una excelente calidad para el uso humano; este proceso consiste en pasarla por tratamientos microbilógicos, físicos y químicos. Los tratamientos del agua pueden ser distintos ya que algunos de ellos requieren ser previos a la distribución y otros posteriormente de su utilización. Para posteriormente el agua sea almacenada en grandes depósitos para ser transportada a través de tuberías hacia las zonas urbanas o rurales.

Los usos destinados son tres sectores socioeconómicos: agrícola, industrial y urbano. El agrícola está destinado a los riegos; sus requerimientos de limpieza son los menos exigentes. En la industria es utilizado para generar electricidad por medio de hidroeléctricas; en el uso urbano es el sector que requiere mejor calidad de agua, pues al circular por la red de abastecimiento urbano, debe ser potable para evitar daños a la salud, ya que es utilizada en viviendas, hospitales, escuelas, empresas, etc. Esta repartición es distribuida por sistema de control que cuenta con información de consumo y anomalías en las ciudades, y es la encargada de disminuir o aumentar el suministro, adaptándola a la demanda.

CONAGUA <sup>50</sup> establece que estadísticamente las actividades agropecuarias consumen la mayor cantidad de agua dulce, tanto en México como en el mundo. En México, la agricultura y la ganadería consumen el 76.3%. En el mundo, estas actividades consumen en promedio 70%. Los siguientes grandes consumidores son la industria y la generación de energía. En México consumen 14% del agua dulce; el promedio mundial es de 22%. El uso doméstico en México corresponde a 10% del agua dulce y en el mundo a un promedio de 8%.

Una vez que el agua se encuentra dentro nuestros domicilios con absoluta calidad, solo en algunos casos es utilizado un descalcificador optimizado aun más su calidad; elimina el exceso de sales de magnesio y calcio que tiene el agua. Una vez utilizada dentro de nuestros hogares obtenemos agua residual que se va directamente al alcantarillado de la ciudad, la cual es nuevamente almacenada para eliminar las impurezas acumuladas reduciendo los riesgos ambientales de las aguas negras residuales, y en el mejor de los casos sea utilizada para usos secundarios mediante la depuración de basura y lodos, obteniendo que el agua resultante se pueda utilizar para la agricultura. En otros casos es incorporada al medio natural, vigilando que su estado no altere sistemas naturales en el sitio que se estable desembocarlos.

---

50 CONAGUA, Visión general del agua en México, en Atlas del Agua Diciembre de 2015 consultado en [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx), fecha de consulta 2018



Un sistema hidráulico está compuesto por diferentes partes o etapas, según Icaza (Ilustración 25) son las siguientes: abastecimiento, captación, almacenamiento, conducción, elevación, control y distribución del agua. Los usos, fines específicos y funciones de cada una de ellas estarán determinados por las características culturales, naturales y tecnológicas de una determinada región. En la ilustración 25 se aprecia uno de los procedimientos de obtención y usos del agua.

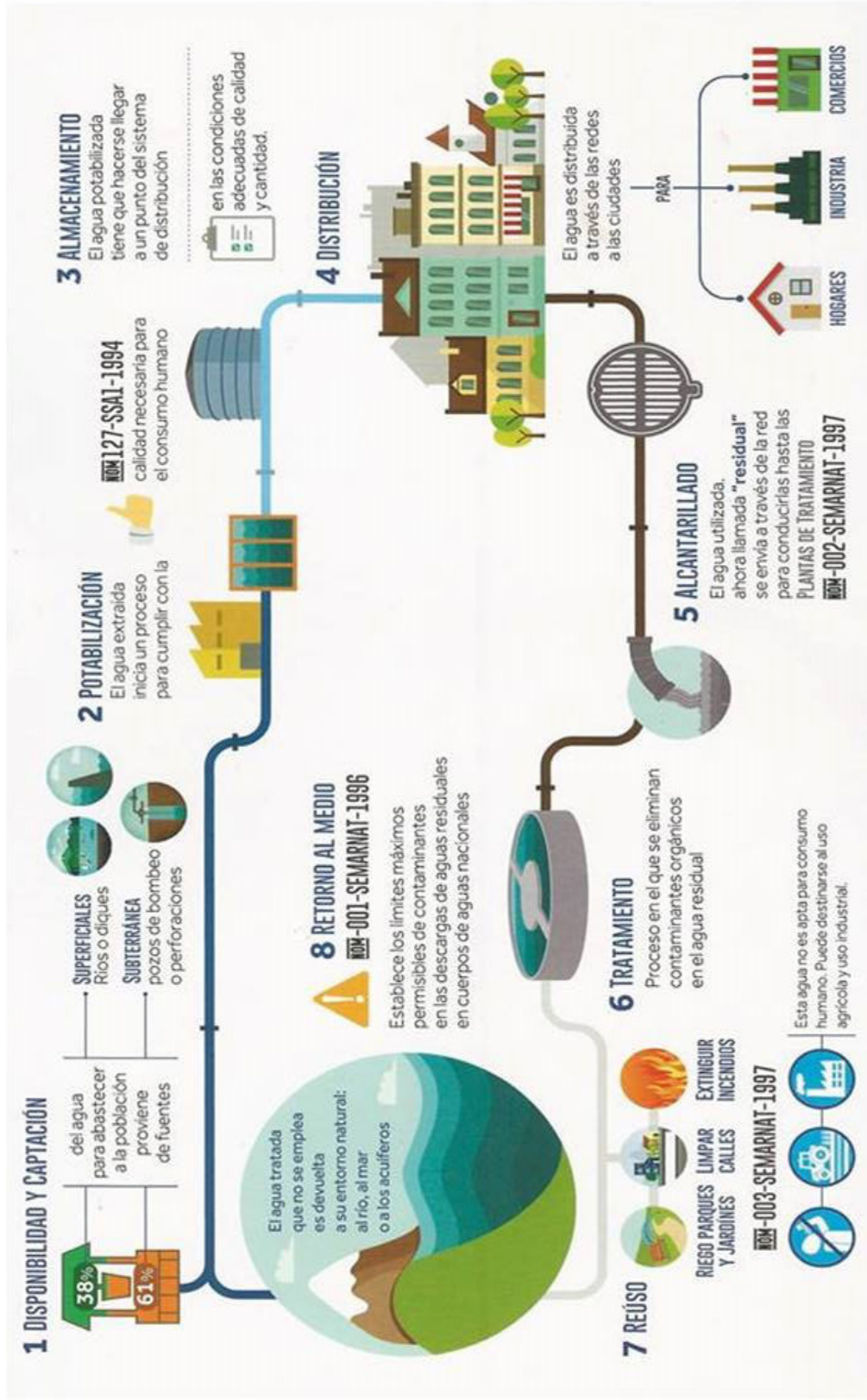


Ilustración 25. Ciclo Urbano de Agua  
 Fuente: Hidropluviales.com

Para la calidad de agua se han utilizado varios sistemas tales como:

### **-Destilador**

*Función:* hierve el agua y recondensa el valor purificado

*Uso:* se usa en puntos de entrada de toda la casa, se puede combinar con un filtro de carbón activado

*Elimina:* metales pesados como el cadmio, cromo, cobre, plomo y mercurio, así como arsénico, bario fluoruro, selenio y sodio.

### **-Osmosis Inversa**

*Función:* con una membrana semipermeable separa las impurezas de agua. (nota: esta técnica de filtración desperdicia una cantidad sustancial de agua durante el proceso de tratamiento)

*Uso:* se usa en unidades bajo fregadero, a menudo en combinación con filtro de carbón activado o una unidad de desinfección ultravioleta.

*Elimina:* la mayoría de los contaminantes, incluyendo ciertos parásitos, metales pesados como el cadmio, cobre, plomo y mercurio; y otros contaminantes, incluso arsénico, bario, nitrato/nitrito., perclorato y selenio. Se elimina el mal sabor y gran parte de las sales disueltas en ella.

### **-Desinfección ultravioleta**

*Función:* la luz ultravioleta mata las bacterias y otros microorganismos.

*Uso:* se usa en unidades bajo el fregadero y a menudo en combinación con un filtro de carbón activado y cedazo de sedimentos.

*Elimina:* bacterias y parásitos.

### **-Sistema de descalcificación**

Es aquel que elimina el carbonato cálcico y el magnesio del agua, evitando que se formen incrustaciones de cal y sarro en las tuberías e instalaciones por el que el agua transcurre, además cuida nuestros electrodomésticos

---

51 Earthgonomic, Conoce los beneficios de los filtros de agua consultado en <http://earthgonomic.com/noticias/conoce-los-beneficios-de-los-filtros-de-agua/> fecha de consulta 2019

## Capítulo 3

# CAPTADORES DE HUMEDAD ATMOSFÉRICA

Lo seres humanos somos dependientes de la lluvia para abastecer nuestros mantos acuíferos y aunque se han implementado sistemas de recolección y distribución de esta agua pluvial desde las primeras civilizaciones por medio de pozos, cisternas y distribuciones con acueductos y canales. En la actualidad requerimos de otros medios para mitigar el desabasto de agua, algunos profesionistas han investigado las zonas áridas implementando soluciones tecnológicas algunas de ellas con técnicas elaboradas por la misma sociedad para obtener agua por medio de la humedad del ambiente, mientras otras por sistemas automatizados para acelerar el proceso.

En la actualidad la humedad del aire funge como una alternativa de gran potencial hídrico para ser utilizada por el ser humano, obtenida por medio de técnicas de captación y tecnologías innovadoras para lograr extraer agua en más volumen y en menor tiempo. Es notable que no alcanzaría a suministrar la demanda sin embargo es un medio de obtención, para evitar la “desertificación”<sup>52</sup> del medio.

---

<sup>52</sup> Desertificación CNUCLD : Degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Fecha de consulta 2018

## 3.1 Análisis de proceso de condensación

La condensación es un fenómeno natural, que podemos apreciarlo en la naturaleza, es un cambio de fase del agua-vapor a agua-líquida, que podemos observar en las hojas de las plantas o algunos materiales que estén expuesto al intemperie; de modo que podemos partir de que existe humedad atmosférica que también es absorbida por los materiales, sin perjudicar su entorno natural, por lo tanto esta investigación consiste en analizar la cantidad de agua que se puede extraer de la atmósfera, provocando la condensación sobre un material aplicado en el diseño constructivo, sin deteriorarlo y con la intención de generar el recurso hídrico llevando la humedad hasta el punto de rocío para la obtención de agua.



Imagen 21. Condensación sobre Hoja  
Fuente: pxhere.com

Cuando el agua de mar se evapora pierde sales, sin embargo se estima que aproximadamente por cada 1% de salinidad del agua se reduce el 1% evaporación, esto quiere decir que el agua de mar que contiene 3.5% de sales disueltas, evapora 3% menos que el agua dulce.<sup>53</sup> Determinando que el agua evaporada que llega a la atmósfera es más limpia. Esta evaporación como se mencionó anteriormente sucede por un intercambio de moléculas entre el líquido y el gas, así que si el viento se calienta provee de mayor energía a el proceso de evaporación; pero si es frío, favorece la condensación. Considerando lo anterior se sabe que llueve más en la superficie terrestre que en los mares y océanos, por lo tanto es factible que una vez que se evapore el agua y se encuentre suspendida en la atmósfera puede ser captada para el uso humano en lugares de escasez y sequía.

La evaporación de la superficie del suelo ocurre cuando la concentración de vapor de agua en el suelo cerca de la superficie, es mayor que la concentración de vapor en la atmósfera. De modo que el vapor de agua se moverá desde el suelo hacia la atmósfera en un intento de igualar las concentraciones. Cuanto más seca y caliente esté la atmósfera comparada con la superficie del suelo, mayor será la velocidad de evaporación desde el suelo.

---

53 Biblioteca digital, Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, El agua en nuestro planeta consultado en [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec\\_5.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec_5.html). párrafo 32. Fecha de consulta 2018.

Los suelos de textura fina tienen abundantes poros pequeños, y por eso se producirá mayor movimiento capilar de agua hacia la superficie; generalmente ocurre en mayor proporción en los suelos de textura fina que en los de textura gruesa. La evaporación es por lo general mayor en suelos descubiertos que en suelos cubiertos. Los vientos transversales a la superficie de la tierra causan macro y micro turbulencias alrededor de las plantas, lo que resulta en un cambio constante del contenido de vapor de agua en sus inmediaciones.

Un punto importante a tener en cuenta, es que la presión atmosférica no disminuye de manera proporcional en la altura ya que el aire es un fluido que se puede comprimir mucho. Eso explica que el aire más cercano a la superficie del suelo está comprimido por el propio peso del aire. Es decir, "las primeras capas de aire cercanas al suelo contiene más cantidad de aire al estar presionado por el aire superior (el aire en superficie es más denso, ya que hay más cantidad de aire por unidad de volumen), por lo tanto la presión es mayor en superficie y no va disminuyendo de manera proporcional ya que la cantidad de aire no disminuye de manera constante en altura." <sup>54</sup>

Podemos decir que cerca del nivel del mar, realizar un pequeño ascenso en altura, provoca una gran disminución de la presión, mientras que conforme estemos más alto, necesitamos ascender mucho más para experimentar una disminución de la presión atmosférica en la misma medida.

Rodríguez (2004) <sup>55</sup> nos habla de que la presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre la Tierra; un punto que coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera. Como la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire.

Rolle Kurt (2006) <sup>56</sup> menciona que para poder comprender el cambio de estados debido a las variaciones de temperatura y humedad, es necesario identificar la sustancia, si la sustancia sólo está formada por un tipo de moléculas, la llamamos sustancia pura. Por ejemplo el agua, que está formada por moléculas que constan de dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O); es un ejemplo de una sustancia pura. Así como de que los átomos y moléculas de las sustancias se comportan en forma distinta, dependiendo de las condiciones del entorno donde están inmersas esas sustancias.

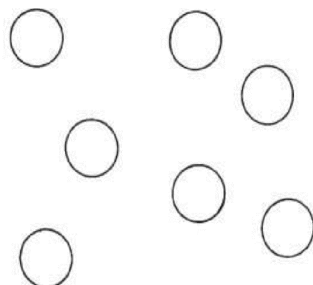
---

54 Meteorología en Red , ¿Qué es la presión atmosférica y cómo funciona? consultado en [www.meteorologiaenred.com/presion-atmosferica.html](http://www.meteorologiaenred.com/presion-atmosferica.html) Parrafo 3 , fecha de consulta 2018.

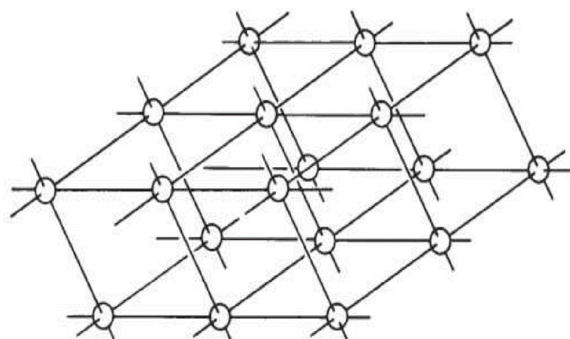
55 Rodríguez J. Rosa María 2004, et al, Meteorología y ClimatologíaFECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) pdf pag.6, fecha de consulta 2017.

56 Rolle Kurt C.,2006, Termodinámica ,Pearson Education, México , pag 1y 38, fecha de consulta 2018.

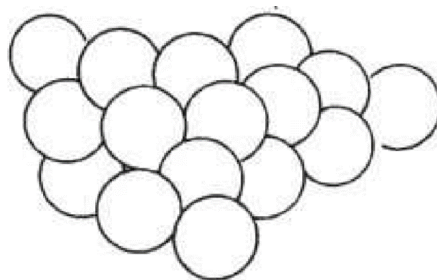
Como se mencionó en el capítulo 1, la sustancia tiene diferente comportamiento a la temperatura obteniendo tres fases: sólida, líquida y gaseosa, que por lo general, a bajas temperaturas los materiales están en una fase sólida o líquida; y al aumentar la temperatura, pasarán a una fase gaseosa. Tal como se muestra en la ilustración 26 es el comportamiento de los moléculas.



Gaseoso



Sólido



Líquido

Ilustración 26. Fases del agua  
Fuente: Rolle Kurt C., Termodinámica Pearson Education



## 3.2 Calidad de agua ambiental en la atmósfera

La humedad del ambiente que se encuentra en fase gaseosa consiste de diferentes elementos que son absorbidos, debido a las agentes emitidos por las ciudades según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se les denomina contaminación ambiental, y se encuentran en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico; o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal.

La Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México <sup>57</sup> aplica el nombre de contaminación atmosférica a las alteraciones que tienen efectos perjudiciales sobre la salud de los seres vivos y los elementos materiales. Por ejemplo; la contaminación del aire, se puede definir como la presencia en la atmósfera de uno o más elementos, en cantidad suficiente, con ciertas características y una permanencia determinada, que pueda causar efectos indeseables tanto en el ser humano, la vegetación, los animales, las construcciones y los monumentos. Estos elementos pueden ser polvo, olores, humos o vapor.

Estas partículas suspendidas (PM) forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. En la red Automática de Monitores Atmosférico <sup>58</sup> se describe que su tamaño varía desde 0.005 hasta 100  $\mu\text{m}$  (micras) de diámetro aerodinámico (da), esto es, desde unos cuantos átomos hasta el grosor de un cabello humano.

Las partículas de diámetro mayor a 100  $\mu\text{m}$  (micras) no pueden mantenerse en suspensión se le llaman partículas sedimentables, por lo que solo se consideran como contaminantes del aire a las partículas menores a 100  $\mu\text{m}$  (micras). El tamaño es el parámetro más importante de las partículas en términos de su comportamiento y por lo tanto, de su distribución en la atmósfera. Esto se explica por el hecho que las partículas más pequeñas tienen el tamaño de las moléculas gaseosas grandes, por lo que presentan muchas de sus propiedades.

Las partículas finas tienen períodos de vida media en la atmósfera de días a semanas, viajan distancias de 100 km o más, y tienden a ser espacialmente homogéneas en áreas urbanas, por lo que sufren transformaciones que normalmente ocurren durante períodos de estancamiento atmosférico o durante el transporte a largas distancias. En cambio, las partículas gruesas generalmente se depositan más rápidamente, con una vida media en la atmósfera de sólo minutos u horas y, por ende, presentan mayor variabilidad espacial dentro de una misma región (World Health Organization 1999).

---

57 Red Automática de Monitores Atmosférico de la ZMVT consultado en [http://rama.edomex.gob.mx/que\\_es\\_red](http://rama.edomex.gob.mx/que_es_red), parrafo 1, fecha de consulta 2018.

58 Red Automática de Monitores Atmosférico de la ZMVT, Características de los contaminantes, consultado en <http://rama.edomex.gob.mx/caracteristicas>, parrafo1, fecha de consulta 2018

Los residuos de procesos industriales industriales y agrícolas llegan a los cielos. Los motores y hornos que queman petróleo, carbón y gas natural, a esto se refiere con combustibles fósiles que desprenden una gran cantidad de contaminantes. Mientras que algunos compuestos químicos como clorofluorocarburocarbonos de las neveras y los pulverizadores aerosoles, no sólo contaminan si no que además destruyen la capa de ozono de la atmósfera. <sup>59</sup>

Algunos de los contaminantes son:

-*Los óxidos de azufre*: son compuestos de azufre y oxígeno generados por los combustibles fósiles.

-*Los óxidos de nitrógeno*: producidos al quemar combustibles fósiles, crean smog fotoquímico.

-*El cloruro de hidrógeno*: es un gas volátil, de fuerte olor, que se utiliza en algunos procesos industriales.

-*Partículas de polvo*: resultado de multitud de procesos, flotan en el aire y pueden producir enfermedades del aparato respiratorio.

-*El humo y el hollín*: contienen carbono, alquitranes y sustancias tóxicas como el cadmio y el plomo.

-*Los aerosoles*: son partículas diminutas que flotan en suspensión y pueden contener un gran número de sustancias perjudiciales.

Esta contaminación ha aumentado la acidez de la lluvia y de la nieve. Poniendo en peligro a bosques y peces. Ya que los compuestos halógenos y la variedad de hidrocarburos, reaccionan con la humedad del aire y forman sustancias altamente ácidas, como el ácido sulfúrico, el ácido nítrico y ácido clorhídrico.

---

<sup>59</sup> Enciclopedia Ilustrada de Ciencias de la Naturaleza, Tiempo y Clima Time Life Learning 1998, fecha de consulta 2018

Por lo tanto, es importante un análisis del agua que sera obtenida de la atmósfera, entre las pruebas existen, las físicas, químicas y biológicas con sus respectivos parámetros para medir la calidad del agua, y determinar de este modo si la el agua es contaminada o está en un límite aceptable para el uso humano. El caso de las químicas se encuentra la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), estas ayudan a tener indicadores de la calidad de agua, ya que este proceso es utilizado para conocer los contaminantes de las aguas residuales e industriales, que ha llevado a la generación de desechos que pudieran tener consecuencias en la salud como ocurre en la ciudad de México.<sup>60</sup>

En esta investigación nos basaremos en la prueba la Demanda Química de Oxígeno en (DQO), prueba que se basa en la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica, con viales de digestión de dicromato de potasio y ácido sulfúrico sometidos a 115° C; mide la cantidad de materia oxidable y el oxígeno equivalente es el proporcional al oxígeno consumido.<sup>61</sup> (Tabla 9)

Tabla 9 : Escala de Calidad de agua DQO

<b>DQO</b>	<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Menor o igual a 10 mg/L	Excelente	No contaminada
Mayor a 10 mg/L y menor o igual a 20 mg/L	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia organica biodegradable
Mayor a 20 mg/L y menor o igual a 40 mg/L	Aceptable	Con indicio de contaminación Aguas superficiales con capacidad de autodepuración
Mayor a 40 mg/L y menor o igual a 200 mg/L	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal
Mayor a 200 mg/l	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales

Fuente: Lugo Salazar

60 Lugo Salazar Héctor, 2006, Un enfoque sistémico social y para la planeación del agua, Instituto Politécnico Nacional, México D.F, fecha de consulta 2018

61 Demanda Química de Oxigeno consultado en <https://agua.org.mx/glosario/demanda-quimica-de-oxigeno-dqo/>, fecha de consulta 2018

### 3.3 Antecedentes de captación de agua de lluvia

En el capítulo 2 se mencionó que las primeras civilizaciones contaban con sistemas de almacenamientos y redes de distribución para el abastecimiento del agua, y que a mediados del siglo XIX se empezó a utilizar sistemas de distribución por tuberías. Sin embargo debido a la demanda de requerida han estado evolucionando dichos sistemas de almacenamientos, teniendo cisternas subterráneas individuales bajo cada propiedad, así como tinacos sobre las viviendas para que el agua descienda por gravedad, como lo vemos en los siguientes ejemplos.

“Los tlaloques en la antigua mitología mexicana eran los ayudantes de Tláloc encargados de repartir la lluvia por la tierra en vasijas.”<sup>62</sup> Desde el año 2009, la fundación de Isla Urbana tomó este concepto y está ayudando a captar lluvia en zonas marginadas de la Ciudad de México, con un proyecto llamado El Tlaloque <sup>63</sup>, el cual es un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia que consiste en un diseño que permite interceptar, recolectar y almacenar el agua de lluvia. (Ilustración 27)



Ilustración 27. Sistema de funcionamiento de Tlaloque  
Fuente: <http://islaurbana.org/sistemas-de-ciudad/>

<sup>62</sup> Mas de Mx consultado en <https://masdemx.com/2017/07/captacion-de-lluvia-mexico-tlaloque-isla-urbana/>, fecha de consulta 2018

<sup>63</sup> Isla Urbana consultado en <http://islaurbana.org/sistemas-de-ciudad/>, fecha de consulta 2018

Otro sistema de captación es Ekomuro H2O+, (Ilustración 28) “elaborado modularmente reutilizando 54 botellas PET de 3 o 2.5 litros, que interconectados entre sí, conforman un depósito de agua tipo vertical, compacto y resistente a las presiones del liquido, ocupando un mínimo de espacio y orientado a satisfacer las necesidades de ahorro de agua en una vivienda urbana.”<sup>64</sup>

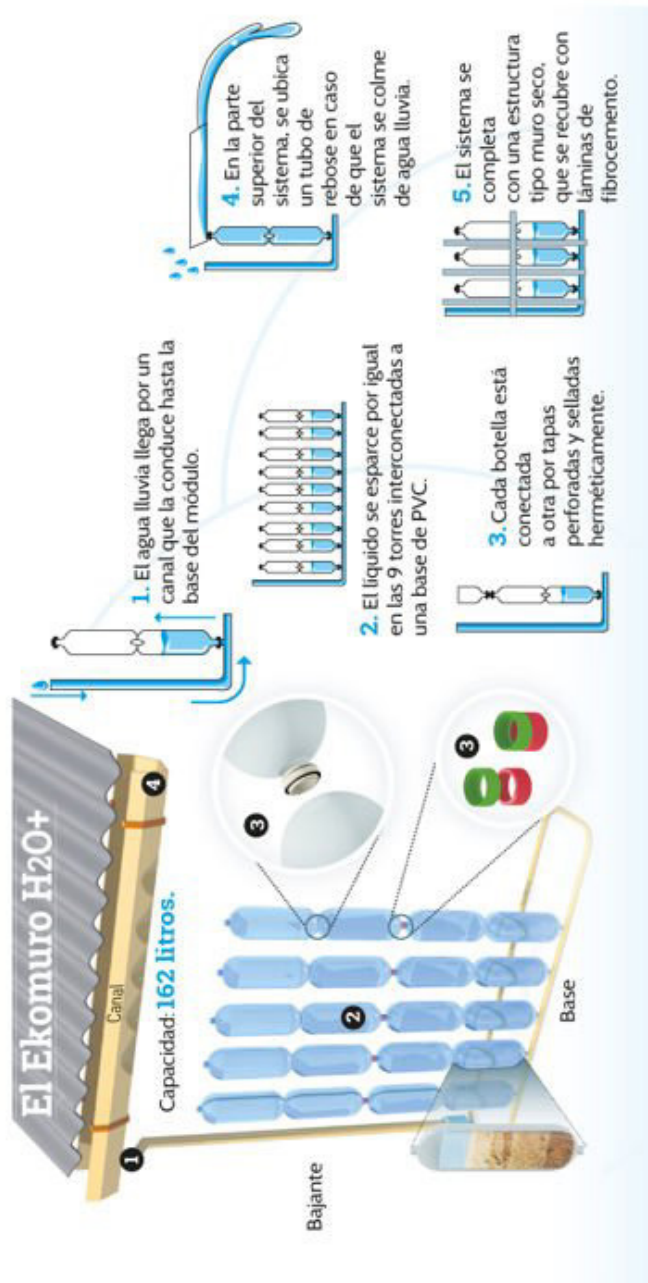


Ilustración 28. Ekomuro H2O  
Fuente: <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>

64 Eco inventos green technology consultado en <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>, fecha de consulta 2018



### 3.4 Antecedentes de captación de agua de neblina

La captación de agua de neblina es otro de los medios que se han implementado para la obtención de agua en distintas regiones desde 1900 aproximadamente. En la siguiente línea del tiempo se representa la evolución del sistema de captación por medio de malla sombra con sus inicios en Chile. (Ilustración 29)

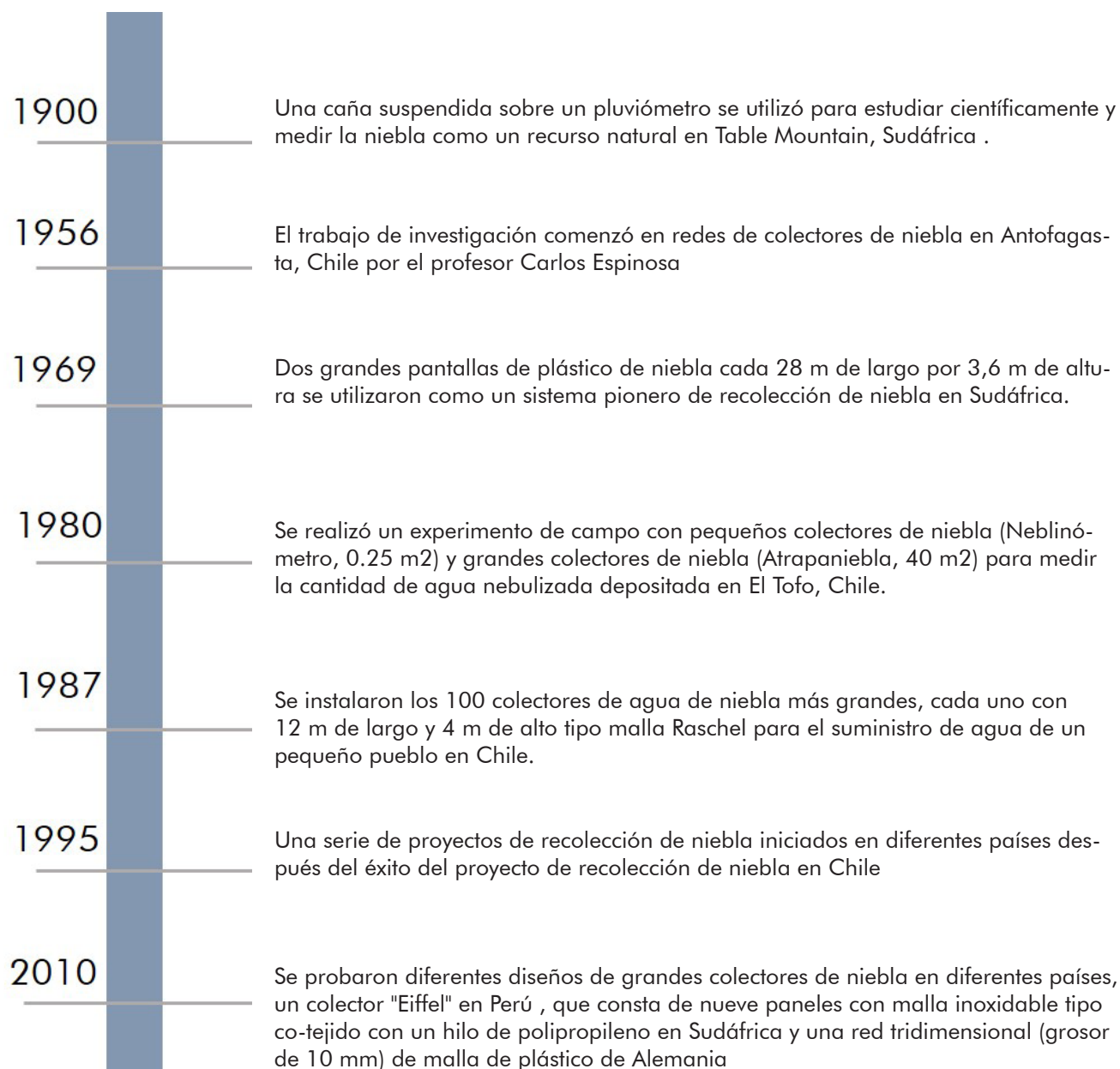


Ilustración 29. Línea del tiempo de los principales avances en la tecnología de recolección de agua de neblina.

Traducción propia Fuente: Mussie Fessehayea artículo

El primer invento en el que se utilizó malla sombra fue llamado Atrapaniebla por el Físico Carlos Espinosa Arancibia profesor de la Universidad de Chile en la cual obtuvo la patente con nombre captar agua contenida de las nieblas o “camanchacas.”<sup>65</sup> (imagen 22). Para posteriormente donarlo a la Universidad católica del Norte y fomentar la difusión gratuita a través de la UNESCO. Se han realizado implementado varias mallas verticales en Chile sin embargo por falta de mantenimiento muchas de ellas no están en sus mejores condiciones, impidiendo la su función por las que fueron colocadas. En las siguientes imagen 23 y en la ilustración 30, se aprecia los diseños propuestos y su proceso de captación de la humedad ambiental.



Imagen 22. Macrodiamante 1970 diseñado por el Profesor Carlos Espinosa Fuente P. Cereceda



Imagen 23. Malla sombra (atrapanieblas) Fuente: makia.la

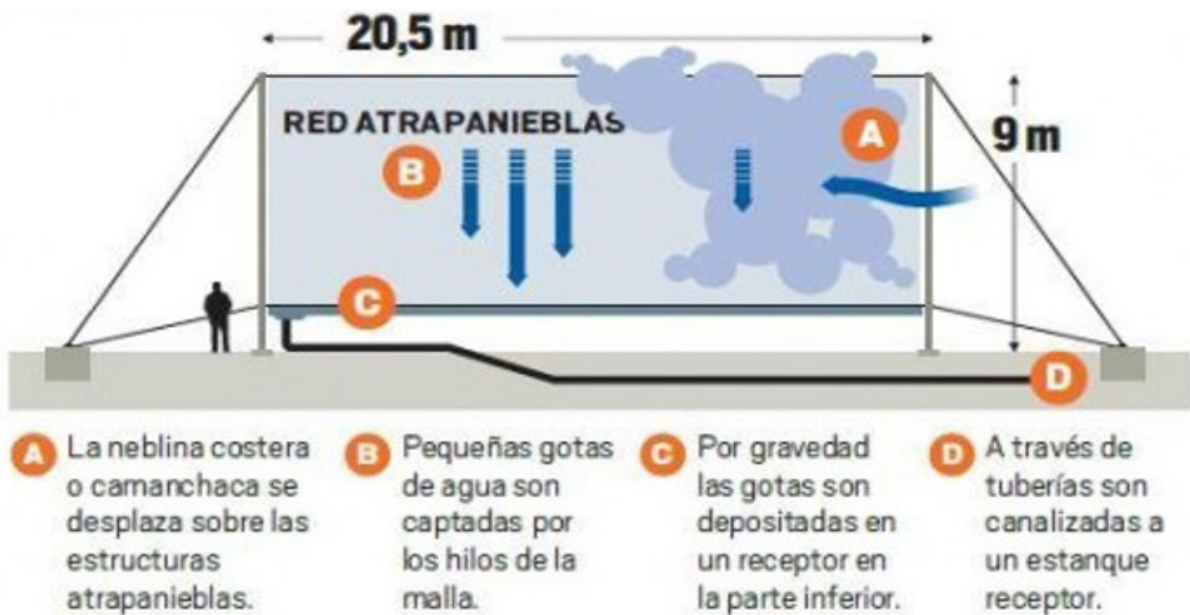


Ilustración 30. Función de Atrapanieblas Fuente: <https://sites.google.com/site/atrapaniebla/project-definition>

65 Cereceda Pilar et al, “Agua de Niebla Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable” consultado en <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>, fecha de consulta 2019

Una investigación más reciente de Augusto Sánchez (2014) <sup>66</sup> por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); se basó en aplicar tres prototipos de malla sombra para la captación de agua, nombrados P1 (cuadro) P2 (M) y P3 (embudo), como se muestra en las imágenes 24 y 25; los cuales fueron puestos en distintas zonas climáticas de México.



Imagen 24 . Prototipos de Malla sombra P1 a la izquierda y P2 a la derecha  
Fuente: Sánchez Cinfuentes Augusto



Imagen 25. Prototipo de malla sombra P3  
Fuente: Sanchez Cinfuentes Augusto

Determinando lo siguiente:

1. Las mallas con menor porcentaje de sombra, refiriéndose a las de tramas más abiertas, son eficientes en climas secos, mientras que para climas templados húmedos las más cerradas son las óptimas para la captación de agua de neblina.

2. En el caso de los prototipos el P1 (cuadro) fue más eficiente para captación en clima cálido sub-húmedo, mientras que el P3 (embudo) en clima templado húmedo. Sin embargo, el costo de la elaboración de prototipos es más costeable y práctico el P1 (cuadro), por esta razón sigue siendo el más utilizado.

66 Sánchez Cinfuentes Augusto 2014 Captadores de Humedad, Universidad Nacional Autónoma de México



Otro de los ejemplos, son torres con materiales ecológicos llamadas Warka torre, proyecto desarrollado por Arturo Vittori y Andreas Vogler. Este invento consiste en una estructura de juncos de bambú con la forma de un jarrón gigante de 10 metros. En su interior una red tupida de nylon o polipropileno (imagen 26) forman una especie de segundo jarrón con la base acabada en pico, en la que el agua se condensa cuando el aire reduce su temperatura y es canalizada usando la gravedad a un contenedor en la base de la torre. (imagen 27, ilustración 31 y 32) “Está pensado para áreas en que la población no tiene acceso a tecnología, materiales o fuentes de energía. Este proyecto ha sido utilizado para Etiopía, Haití y Togo, en diferentes dimensiones y adecuándose al concepto y medio del espacio territorial.”<sup>67</sup>

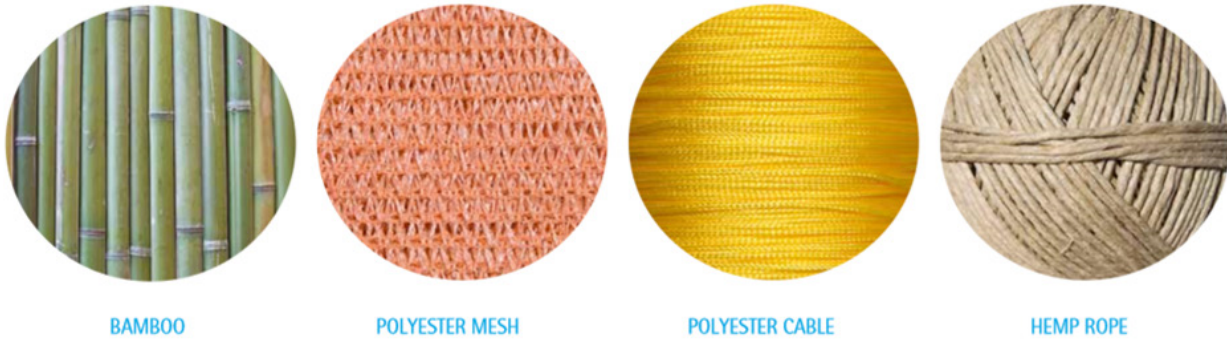


Imagen 26. Materiales para torre Warka  
Fuente: [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)



Imagen 27. Proyecto Etiopía warkawater  
Fuente: [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)

<sup>67</sup> Vittori Arturo ,Warka water 2018 consultado en [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org), fecha de consulta 2018



Ilustración 31. Propuesta para Togo (Warkatorre)  
Fuente: [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)

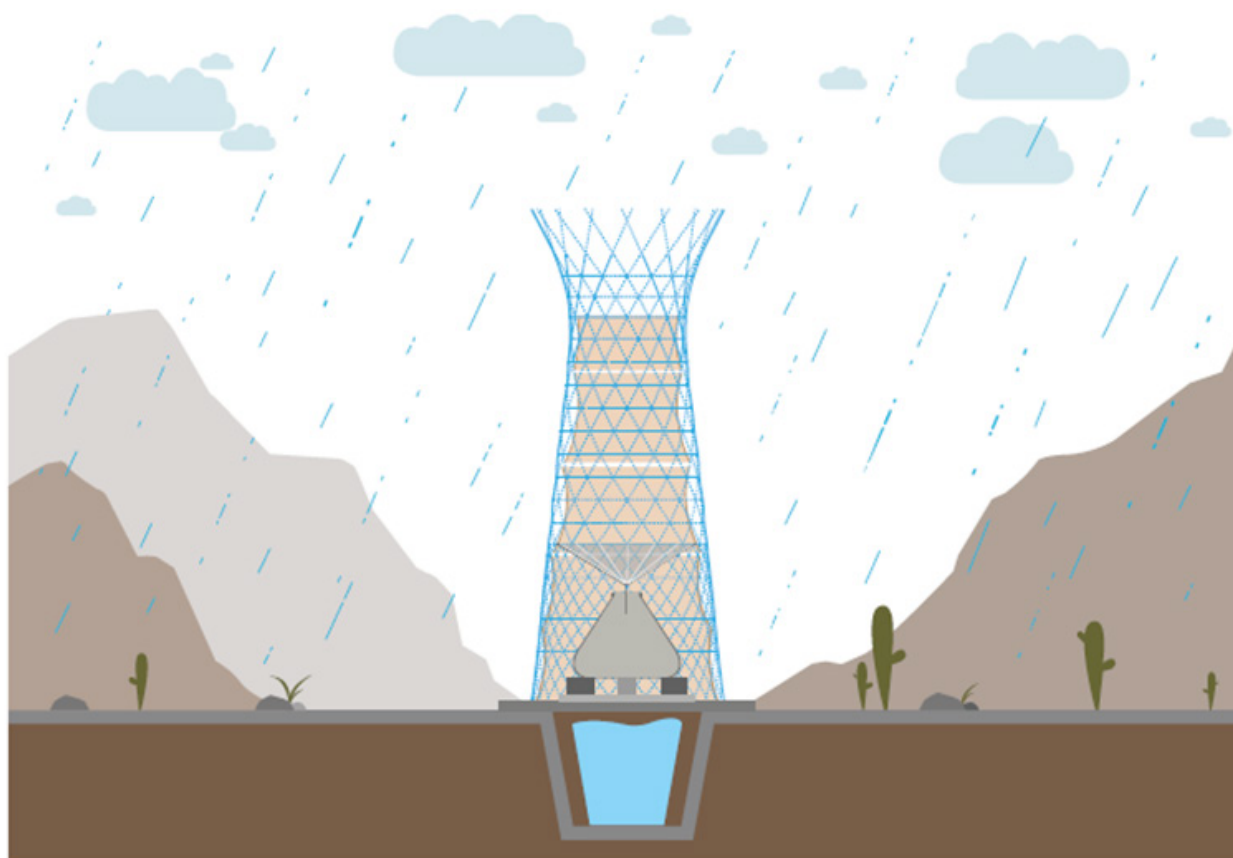


Ilustración 32. Propuesta para Etiopía (Warkatorre)  
Fuente: [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)



Obtener agua potable a partir de la niebla que se produce por la evaporación del agua del suelo, es una técnica muy utilizada en Sudamérica. Esto funciona cuando el aire húmedo se enfría, se condensa y sus pequeñas gotas en suspensión forman nubes a muy baja altura, desprendiendo un rocío que puede ser captado.

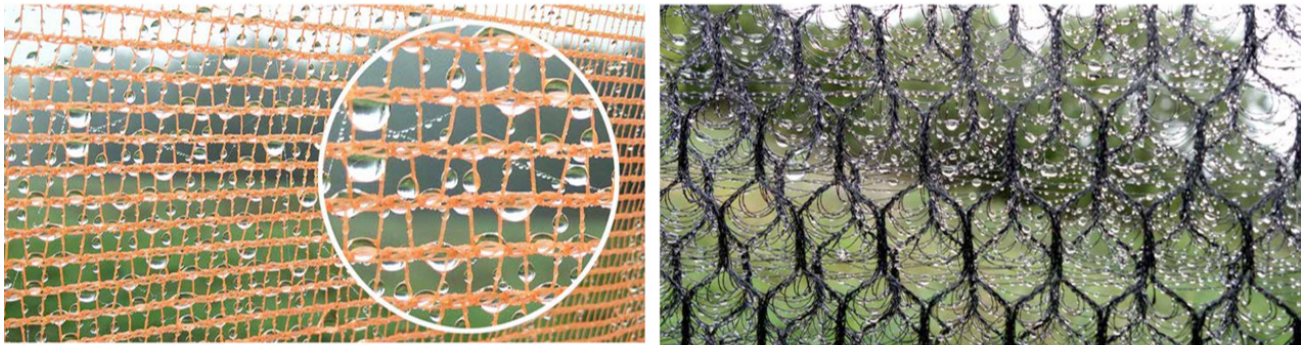


Imagen 28. Malla de polipropileno  
Fuente: [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)

La posibilidad de captación depende en gran importancia de la trama de la malla (imagen 28), una investigación realizada por especialistas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Cambridge, Estados Unidos, trabajando en colaboración con investigadores de la Pontificia Universidad Católica en Santiago de Chile, muestran que la eficacia de los sistemas de malla sombra en condiciones de niebla moderada, es menos favorables que las de niebla espesa.

Mencionan que los sistemas existentes están muy lejos de lo óptimo, ya que están hechos de un tipo de plástico con agujeros demasiado grandes. Como resultado, sólo pueden extraer aproximadamente un 2% del agua disponible en condiciones de niebla moderada, mientras que una malla más fina podría extraer el 10 % o más.

El equipo de Kyoo-Chul Park, Shreerang Chhatre, Siddarth Srinivasan, Robert Cohen y Gareth McKinley también ha determinado que si se colocan múltiples redes desplegadas una detrás de otra podría extraerse aún más agua de la niebla moderada. Indicando que la mejor configuración se obtiene con una malla hecha de filamentos de acero inoxidable de aproximadamente entre tres y cuatro veces el espesor de un cabello humano, y con una separación entre fibras que es de aproximadamente el doble.

Los sistemas actuales desplegados en las montañas costeras al borde del desierto de Atacama tienden a proporcionar unos pocos litros de agua potable por día por cada metro cuadrado de malla. Los cálculos teóricos muestran que los sistemas con el nuevo diseño, funcionando expuestos a los fuertes vientos y densas nieblas que se forman a lo largo de la costa chilena en ciertos momentos del año, podrían suministrar hasta 12 litros por día y metro cuadrado.

Los investigadores chilenos han estimado que si tan solo el 4% del agua contenida en la niebla pudiera capturarse, pudiera ser suficiente para satisfacer la demanda hídrica de las cuatro regiones norteñas de esta nación, incluyendo al Desierto de Atacama. Y con el sistema diseñado por el MIT, se podría capturar hasta el 10% del agua de la niebla.

El uso de las mallas de polipropileno no ha sido el único elemento de obtención de agua de la neblina; el escarabajo *onymacris unguicularis* que habita en el desierto africano del Namib, consigue hidratarse gracias a su peculiar forma, ya que el agua de la niebla se deposita en su ondulada espalda y llega así hasta su boca, observación del diseñador Kitae Pak que basándose en este insecto, creó un colector botella que podría utilizarse en zonas áridas del planeta. La idea recibió la medalla de bronce de los premios de diseño IDEA de 2010.<sup>68</sup> Consiste en que la botella tiene una superficie de acero inoxidable de forma convexa, que permite que el aire húmedo de la mañana se condense en sus surcos de suave pendiente, logrando la acumulación de las gotas de rocío, que posteriormente caen como gotas por los surcos y son dirigidas a través del borde para filtrarla y guardarla en el interior de esta cantimplora (ilustración 33).

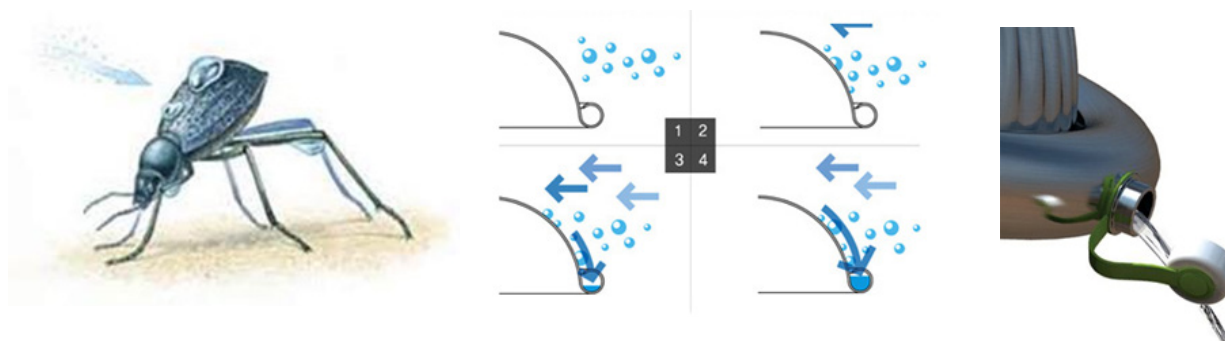


Ilustración 33. Botella captadora de neblina  
Fuente: blogs.lainformacion.com

Al ser de acero la conductividad térmica, no es tan alta como la del aluminio, sin embargo al estar expuesto de la noche a un mañana fresca, el material se encuentra más frío que el aire, por lo tanto facilita la condensación de la neblina en su superficie, y con el diseño de su forma convexa se convierte en cóncava al girarla, por lo que también permite recoger agua. Teniendo la posibilidad de que a mayor escala, podría servir como tejado de las casas o chozas, convirtiendo las viviendas en autosuficientes en cuanto al suministro de agua potable en zonas desérticas o con problemas de suministro.

<sup>68</sup> La información, El "banco de rocío", un forma inteligente de recoger agua potable consultado en [blogs.lainformacion.com/futuretech/2010/07/07/rocio/](http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2010/07/07/rocio/), fecha de consulta 2018

Kenia, Majik Water <sup>69</sup>, traslada el aire hacia un dispositivo por medio de un ventilador de energía solar y un desecante absorbe el agua. La energía solar se utiliza para calentar el desecante y liberar vapor de agua, que luego se condensa y se filtra a través de carbón, este prototipo de prueba genera 10 litros de agua por día aproximadamente. (Ilustración 34)

Existen otras empresas que están considerando estas tecnologías por ejemplo, la compañía estadounidense Zero Mass Water <sup>70</sup> utilizan paneles solares que pueden extraer de 4 a 10 litros de agua diariamente del aire, y mediante un ventilador aspira el vapor de agua. Consiste en un aparato formado por un panel solar de 1.2 x 2.4 metros el cual recoge la energía solar para generar agua líquida extraída de la atmósfera, aún cuando se oculta el sol sigue funcionando gracias a una batería de litio.

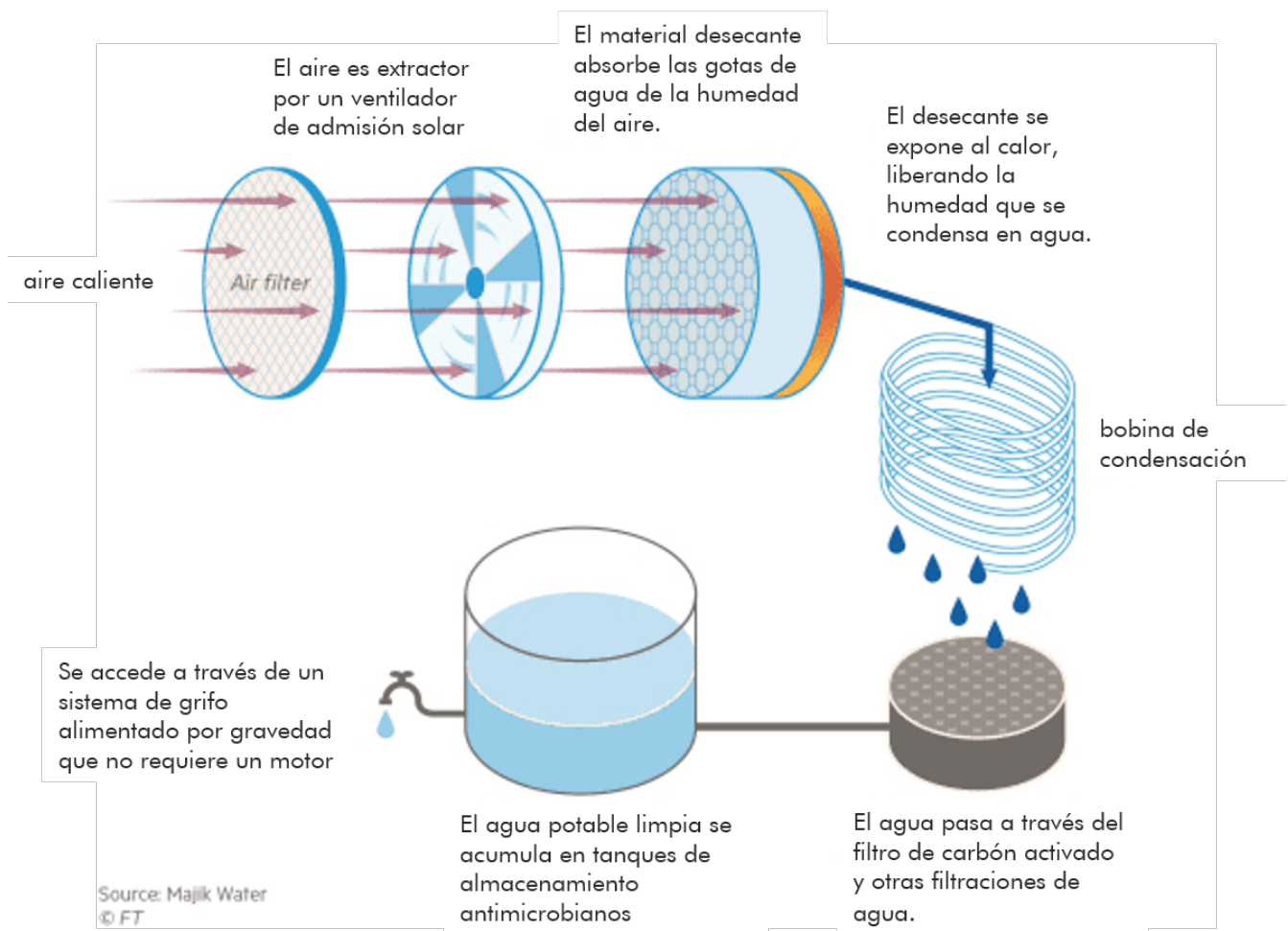


Ilustración 34. Sistema de extracción de agua del aire Majik Water  
Fuente: <https://republic.co/majik-water>

69 Majik Water consultado en <http://www.majikwater.co/>, fecha de consulta 2019

70 ONU medio ambiente, El agua está en el aire consultado en <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/el-agua-esta-en-el-aire>, fecha de consulta 2019

Aquaer Generator es otra tecnología por el ingeniero Español Enrique Veiga, logrando agua a partir de la condensación del vapor del agua del ambiente. Mediante el apoyo de una instalación frigorífica e intercambiadores de calor, el sistema capta el aire y lo conduce a una cámara donde se enfría y produce la condensación, dentro de un contenedor.

El Aquaer Generator <sup>71</sup> consigue agua a 12 grados centígrados con un 13% de humedad relativa y 40 grados de temperatura del aire. En el que en un día puede obtener hasta 3000 litros de agua y su consumo eléctrico es equivalente al de una lavadora. Razon por las que el gobierno de Namibia un país al suroeste de África a solicitado 1.500 unidades ya que sufre por la escasez de agua al ser un desierto. (Imagen 29)



Imagen 29. Aquaer Generator  
Fuente: aquaer.com

WeDew <sup>72</sup>, creado por The Skysource / Skywater Alliance, extrae aire caliente del exterior, que al tener contacto con el aire frío lo condensa, y una vez que el agua es almacenada en tanques. Replica el proceso de la naturaleza, generando ozono ( $O^3$ ) para purificar el agua, siendo este un gas natural que se produce en la naturaleza cuando llueve, se une con el agua para eliminar las bacterias y otras impurezas, pasando por un filtro de carbon activado y se obtiene agua para beber. (Ilustración 35)

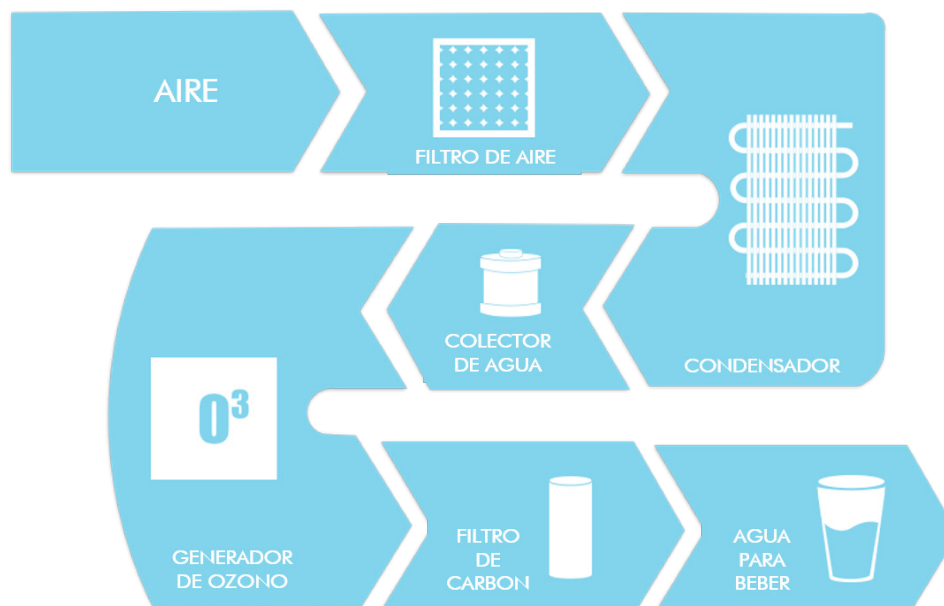


Ilustración 35. Función de Skywater Advanced Air-to-Water Technology®  
Fuente: <https://islandsky.com/>

71 Veiga Enrique Aquaer generator 2004 consultado en aquaer.com Sevilla España, fecha de consulta 2018

72 La Vanguardia, Un dispositivo para transforma el aire en agua a bajo coste, consultado en <https://www.lavanguardia.com/natural/si-existe/20181025/452543992574/dispositivo-wedew-convertir-aire-agua-potable-premio-xprize.html>, fecha de consulta 2018

## Capítulo 4

# CRITERIOS DE LOS PROCESOS DE DISEÑO

En el capítulo anterior se mencionó la creación de innovaciones con diferentes alternativas de captación de la humedad atmosférica, gracias al avance tecnológico se han modificado los procesos de diseño, contamos con implementaciones pasivas como el uso de la malla sombra, hasta el uso de sistemas automatizados para un intercambio de calor.

En el ejemplo del escarabajo del desierto de Namib, se comprende cómo funciona su exoesqueleto y es aplicando en un objeto imitando la función en un primer nivel de la biomimética.



## 4.1 Incidencia en los procesos de diseño

Biomimética (de bios, vida, y mimesis, imitar) menciona Rocha (2012)<sup>73</sup> “Es una nueva ciencia que se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas, con la condición de que éstas sean sustentables.”

Sin embargo, Janine Benyus (1997)<sup>74</sup> nombra al Biomimetismo como una disciplina emergente que emula los diseños y procesos de la naturaleza para crear un planeta más saludable y sostenible. Esta ciencia, aplica en múltiples disciplinas en que la medicina, biología, diseñadores industriales, químicos, arquitectos o urbanistas encuentran inspiración y funcionamientos para ser aplicados en diseños de objetos para el ser humano. Como ejemplos de aplicaciones en la arquitectura tenemos las siguientes:

### 30 St Mary Axe (Londres)

Es una torre de 180 metros con un sistema de ventilación del aire parecido a las esponjas marinas (imagen 30), criaturas que se alimentan al dirigir el agua del océano a través de sus cuerpos. De forma similar, la torre se apoya en una estructura exoesquelética y está diseñado de forma que la ventilación fluya por todo el edificio. (Ilustración 36)

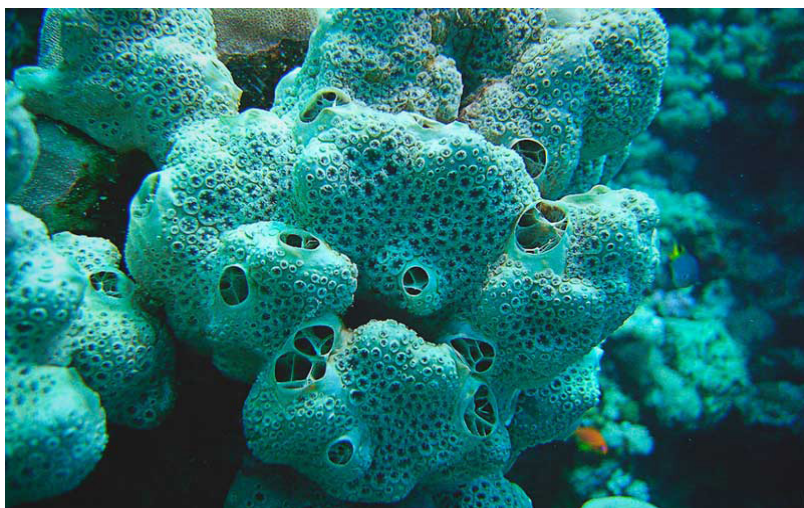


Imagen 30. Esponjas de mar Fuente: <https://www.dondevive.org/esponja-mar/>

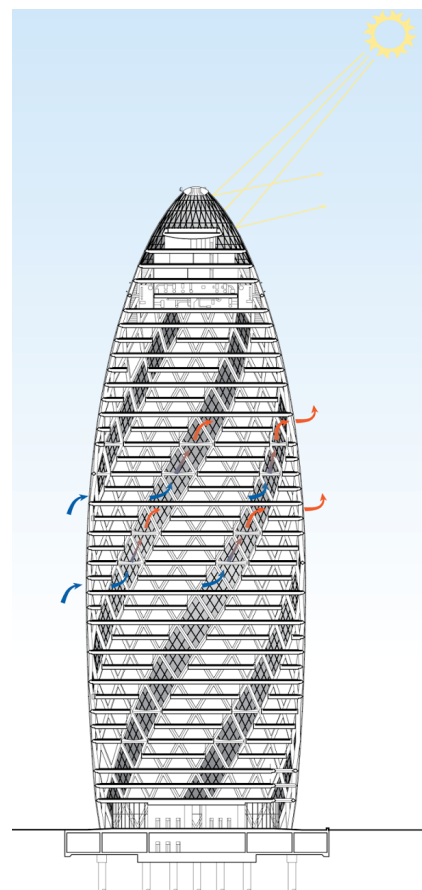


Ilustración 36. Flujo de ventilación en Torre 30 St Mary Axe Fuente: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/swiss-re-30-st-mary-axe/>

<sup>73</sup> Rocha Rangel Enrique et al, Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza consultado en <https://investigacion.uaa.mx/RevistalyC/archivo/revista55/Articulo%207.pdf>, fecha de consulta 2019

<sup>74</sup> Janine Benyus 1997 consultado en <https://biomimicry.org/janine-benyus/first-chapter-biomimicry-innovation-inspired-nature/>, fecha de consulta 2019

La imitación del sistema respiratorio de las esponjas marinas, que utilizan los orificios y canales de su cuerpo para distribuir el oxígeno, ha creado en el edificio un sistema de ventilación inteligente que proporciona aire a toda la torre de una forma eficiente, ya que consume menos energía. Al utilizar una doble fachada dividida en un exoesqueleto ligeramente separado de las paredes interiores, crea canales de aire interiores. Que, en el verano, el calor que se forma dentro del edificio huye y no suben las temperaturas, evitando el uso abusivo de aires acondicionados y por lo tanto disminuyendo el consumo mucha energía. Asimismo, en invierno, este original sistema de ventilación mueve la calefacción por todo el edificio con más facilidad, por lo que se necesita gastar menos para calentar la torre.<sup>75</sup>

### Edificio Eastgate Centre (Zimbabwe)

Inspirado en la forma en que los insectos utilizan recursos muy limitados y crean montículos ventilados, infiltrándolos con agujeros en la superficie, el arquitecto Mick Pearce diseñó un edificio con agujeros por toda su piel. (Imagen 31)

El resultado es un ejemplo pionero de “ventilación pasiva”: la idea de que los edificios utilizan energías renovables del ambiente que los rodea en lugar de aire acondicionado y sistemas de calefacción.

El edificio Eastgate utiliza menos energía y es más barato de mantener, según sus creadores. La piel de la torre toma calor del aire exterior durante el día y lo absorbe en el cuerpo de la estructura. El aire se enfría cuando alcanza la mitad del edificio y por la noche el calor que ha sido absorbido durante el día calienta este aire frío, creando condiciones de frío o calor cómodas para la gente que está en el interior.<sup>76</sup>



Imagen 31. Edificio Eastgate  
Fuente: <http://www.mickpearce.com/Eastgate.html>

75 Biomimetics Sciences Institute consultado en <http://www.biomimeticsciences.org/es/aplicaciones-arquitectura/>, fecha de consulta 2019

76 Michelle Douglass, Edificios inspirados en la Naturaleza consultado en [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150918\\_vert\\_earth\\_edificios\\_naturaleza\\_yv](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150918_vert_earth_edificios_naturaleza_yv), fecha de consulta 2019

En los montículos las termitas para mantener la temperatura, realizan esas pequeñas aberturas en la parte inferior de los termiteros, donde el ambiente es más húmedo. En las que actúan como atrapa brisas y disminuyen la temperatura del aire a medida que circula por la torre. (imagen 32)

Este proceso se denomina refrigeración por evaporación, el aire seco pasa sobre el agua y absorbe parte de ella. Esto ocurre cuando la presión del vapor y la temperatura del aire y del agua intentan igualarse. El calor se mueve de la temperatura superior del aire hacia la temperatura inferior del agua y, por lo tanto, refresca el aire.<sup>77</sup> (Ilustración 37)



Imagen 32.  
Torre de Tierra por termitas  
Fuente: [http://wp.cienciaycemento.com/wp-content/uploads/2013/04/245px-Termite\\_Cathedral\\_DSC03570.jpg](http://wp.cienciaycemento.com/wp-content/uploads/2013/04/245px-Termite_Cathedral_DSC03570.jpg)

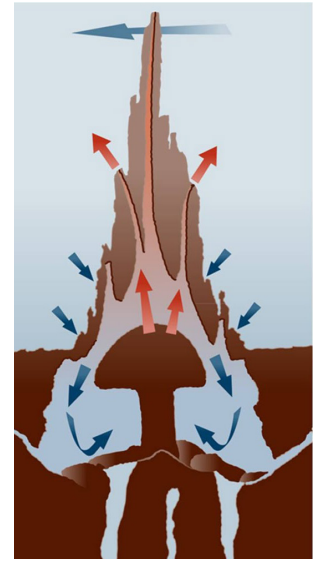


Ilustración 37. Circulación de  
aire en torre de termitas  
Fuente: <http://wp.cienciaycemento.com/wp-content/uploads/2013/04/esquema-ventilacion-termitero.jpg>

Al hablar de las aplicaciones de la Biomímesis en el diseño de un producto, nos encontramos con que existen tres niveles. El primer nivel de la biomímesis, menciona la bióloga Janine Benyus que es mimetizar la forma natural. Por ejemplo, se puede imitar la estructura de las entidades biológicas. “Copiar el diseño de las plumas es sólo el comienzo, porque ello puede, o no, llevar a algo sostenible a largo plazo.”<sup>78</sup>

En un segundo nivel, es la mimetización de los procesos naturales, entender como está hecho. Un ejemplo son las leñosas hojuelas de las piñas que están hechas de fibra rígida, que cuando las hojuelas se secan la capa inferior se encoge más que la superior, lo que hace que la piña se abra y libere sus semillas; principio que ha sido aplicado en un textil que cuando detecta el sudor secciones de la tela se levantan para proporcionar ventilación.

En el tercer nivel se encuentra la mimetización de los ecosistemas naturales. Por ejemplo, la madera, que forma parte de un bosque, que forma parte de un bioma, que forma parte de la biosfera que sostiene la vida. Otro ejemplo también es la escala molecular en este caso es la estructura ósea del fémur, es aplicada en estructura de la torre Eiffel, gracias a su resistencia.<sup>79</sup> Ejemplos que se muestran en la ilustración 38.

77 Ciencia y cemento, Arquitectura Biomimética y La refrigeración de los Termiteros consultado en <http://wp.cienciaycemento.com/arquitectura-biomimetica-y-la-refrigeracion-de-los-termiteros/> fecha de consulta 2019

78 Terra ecología práctica, ¿Qué se entiende por Biomímesis? Una conversación con Janine Benyus consultado en <http://www.terra.org/categorias/articulos/que-se-entende-por-biomimesis-una-conversacion-con-janine-benyus-24>, párrafo 3, fecha de consulta 2019

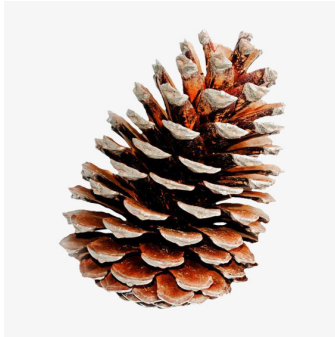
79 Naukas consultado en <https://naukas.com/2017/07/10/que-tienen-en-comun-los-huesos-las-patas-de-silla-y-la-torre-eiffel/>





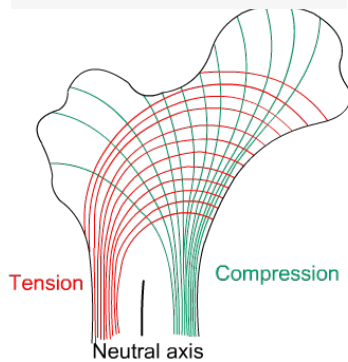
**1er**  
Nivel

Abstracción formal de la naturaleza



**2do**  
Nivel

Análisis y funcionamiento de un ser vivo



**3er**  
Nivel

Estudio a nivel micro, celular del funcionamiento de las partes que integran un ser vivo

Ilustración 38. Niveles de la Biomimética  
Fuente: Elaboración de la autora

En una de entrevista realizada por la revista *Descubri arte*, se le pregunto al Arquitecto Japonés Toyo Ito ¿Qué es para Toyo Ito la arquitectura?

“Para mí tiene que permitir obtener la libertad...La arquitectura trata de crear un espacio dentro del espacio natural, y el modo en que se haga es esencial. Siempre me ha parecido que querer mantener el orden de una etapa anterior no está bien... Hay que ir cambiando según cambia la vida...Y yo creo que en el siglo XXI, pensar en la relación entre el ser humano y la naturaleza va siendo un tema crucial.”<sup>80</sup>

Con lo anterior el arquitecto Toyo Ito, hace mención de que existen distintos procesos de trabajo; y que la arquitectura como otras disciplinas evoluciona de acuerdo con el avance tecnológico y científico. Por lo tanto en la siguiente investigación se analizará los procesos de diseño de un producto, así como el proceso de diseño de la biomimética, hasta la fase dos, con el análisis y funcionamiento de una entidad biológica.

80 Descubrir el arte, Toyo Ito: La arquitectura tiene que ser más libre consultado en <https://www.descubrirelarte.es/2013/03/19/toyo-ito-la-arquitectura-tiene-que-ser-mas-libre.html>

La arquitectura no solo es un espacio habitable que satisface las necesidades de un cliente ya que incorpora diferentes situaciones sociales y de percepción al final de la obra.

El objetivo real de esta disciplina es el diseño, encargándose del contexto en el que se encuentra para elaborar un producto que responda a las necesidades de los usuarios.

Por lo tanto, si lo observamos desde el punto de vista de la fabricación de un producto, tenemos lo siguiente: en el esquema de trabajo de Maña y Balmacesa (1990)<sup>81</sup>, el cual se presentan en la ilustración 39, menciona las áreas que influyen en el proceso de diseño industrial, las cuales están ligadas a gran escala en el proceso de diseño arquitectónico. Teniendo que:

*“El área de morfología es el campo de la forma. Todo producto tiene una forma material con existencia propia y determinada por los propios límites físicos del objeto, y una forma perceptiva como resultante de la lectura que realiza el sujeto del objeto percibido por sus sentidos.”*

Este punto tiene que ver con la semiótica y las teorías perceptivas, en el que el usuario llegue a tener un referente del objeto-un significado y un significante, generados por códigos culturales.

*“El área tecnológica, influye en el diseño de producto, la tecnología incorporada en el producto o la utilizada para su fabricación, así como la ingeniería.”*

*El área de sociología comprende atributos del grupo humano para el que se diseña y enmarca las necesidades humanas hasta los recursos existentes, relaciones de producción y distribución que determinan el sistema económico.”*



Ilustración 39. Areas que influyen en el diseño de un producto  
Fuente: de la autora

81 Maña y Balmacesa,1990 El desarrollo de un diseño industrial , fecha de consulta 2019



La diseñadora y arquitecta Neri Oxman presentó en una conferencia oficial de TED la búsqueda de formas en que las tecnologías de fabricación digital puedan interactuar con el mundo biológico. En el que desea que en los diseños no existan ensamblados, trabajando en la intersección del diseño computacional, la fabricación aditiva, la ingeniería de materiales y la biología sintética, (ilustración 40) su laboratorio es pionero en una nueva era de simbiosis entre los microorganismos, nuestros cuerpos, nuestros productos e incluso nuestros edificios.

Desde la escala micro a la escala de construcción, Neri Oxman imagina y crea estructuras y objetos que están inspirados en la naturaleza denominado "Ecología material".<sup>82</sup>

Resaltando las disciplinas que se muestran en la ilustración 40 como un nuevo proceso de diseño.

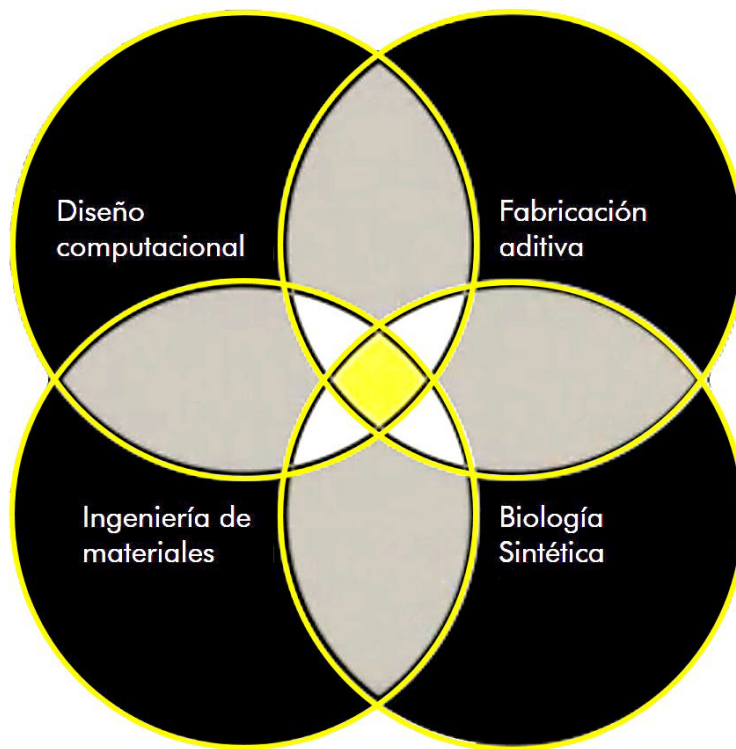


Ilustración 40 Disciplinas en nuevo proceso de diseño

Fuente: [https://www.ted.com/talks/neri\\_oxman\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology#t-240385](https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology#t-240385)

82 TED Ideas Worth Spreading 2017 Diseño en la intersección de la tecnología y la biología consultado en [https://www.ted.com/talks/neri\\_oxman\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology#t-240385](https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology#t-240385), fecha de consulta 2019

Un ejemplo de esta estructura sin ensamble como la naturaleza es el proyecto en el que trabajo con gusanos de seda. Ya que la formación de sus capullos lo hacen mediante la combinación no de dos materiales si no de dos proteínas diferentes, una que actúa como estructura de tensión y la otra como pegamento o matriz uniendo las dos entre si creando la compresión. Analizando como generan su primera estructura se dieron a la tarea de imprimirla en 3D creando espacios que bloquearan la luz solar, ya que los gusanos emigran a zonas frías y oscuras, entonces fueron colocados los gusanos y comenzaron a hilar, tal como se muestra en la imagen 33.

El objetivo fue no solamente analizar el comportamiento de fabricación de su capullo de seda, si no el enfocarse en el proceso de manufactura para la producción de la seda, que el proceso tradicional de obtención es hervir a los gusanos con su capullo. Sin embargo con este proyecto lograron obtener en 3 semanas 6,500 km de seda, hilados por los gusanos.

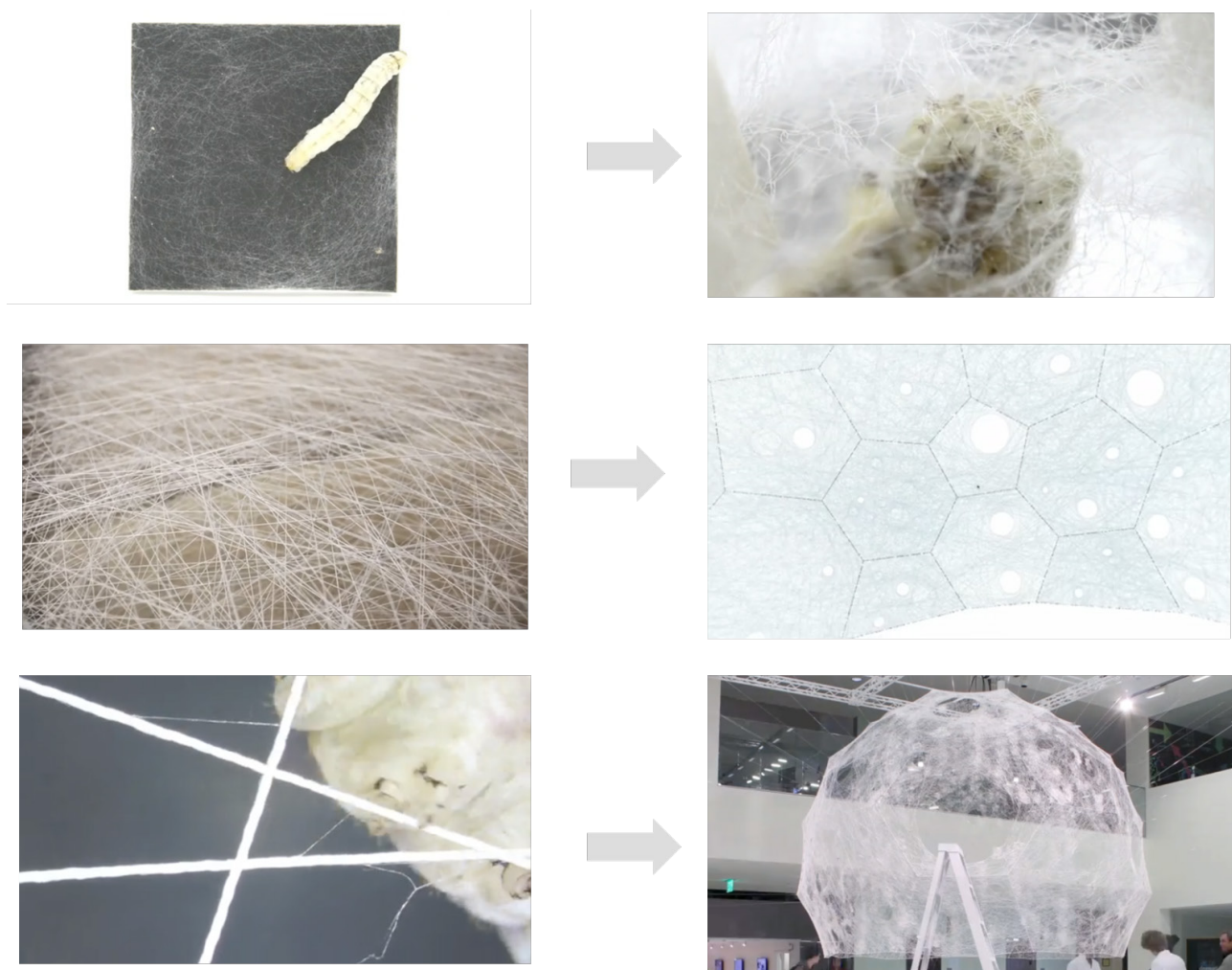


Imagen 33. Proceso de elaboración de seda

Fuente: [https://www.ted.com/talks/neri\\_oxman\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology#t-240385](https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology#t-240385)

¿Cómo logramos este cambio de paradigma en el diseño arquitectónico? En la actualidad se diseña teniendo en cuenta las condiciones del sitio, sin embargo, el recurso hídrico sigue siendo uno de los condicionantes para la mejora de la calidad de vida, así como de problemas sociales y situaciones de salud.

En el capítulo 2 de este documento, se mencionó cómo es que los seres humanos utilizan primeramente los recursos abundantes de la región para situarse, no obstante, en estos tiempos no es una de las razones más comunes de asentamientos, la principal razón es el tener un espacio en el cual puedan habitar para realizar sus actividades; la adaptación viene consigo por las diferentes situaciones sociales y culturales.

Sin embargo, Anthony Michael, conocido como Tony Fadell es un ingeniero, diseñador y empresario estadounidense, que ha mencionado en una de sus conferencias que nos acostumbramos a las cosas habituales viéndolas como si esa ya fuera la realidad, sin tener una visión amplia de las posibilidades de mejora. Las primeras veces somos capaces de resistirnos de aceptar la situación, pero es aquí en donde se ve la importancia de la resiliencia, no como una adaptación a la situación, si no como una alternativa de realizar nuevas acciones para obtener una mejora ante esa situación.

Por lo tanto, si en el proceso de diseño arquitectónico, la principal función es cubrir las necesidades del ser humano para darle un espacio confortable y lograr su habitabilidad en el espacio, resumiríamos la importancia del recurso hídrico al habitar un sitio es elemento fundamental del proceso de habitar del ser humano, logrando medios de obtención, teniendo entonces una esfera de: espacio, ser humano, agua en un tiempo determinado creando el habitat (ilustración 41).

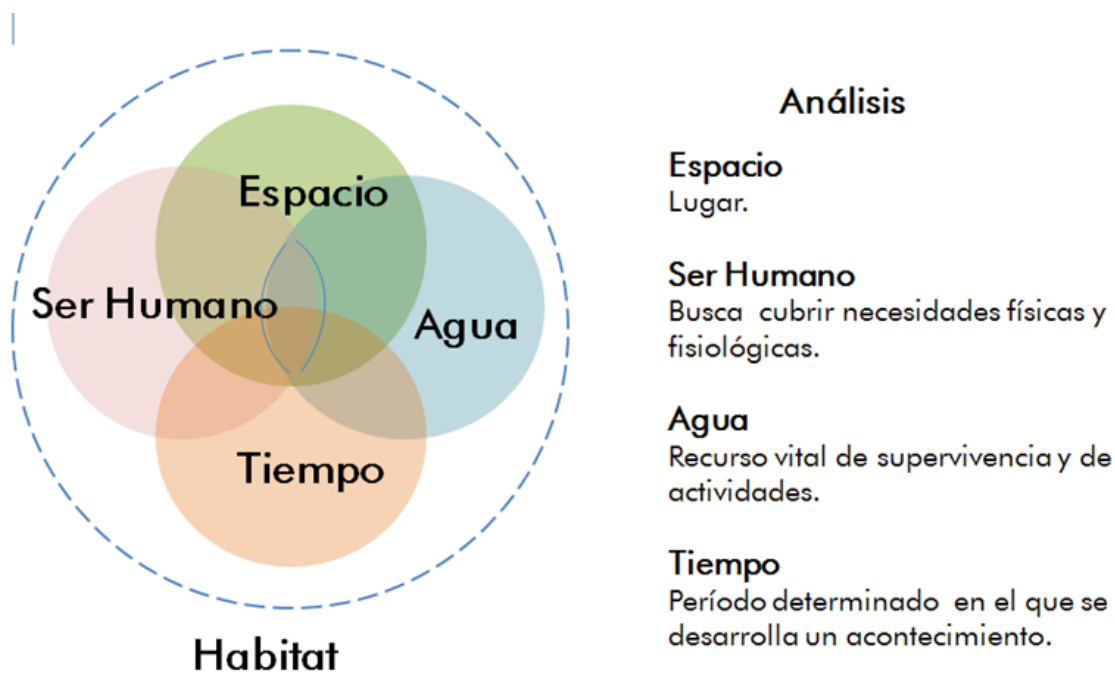


Ilustración 41. Círculo de habitar  
Fuente: Elaboración de la autora

Cuando hablamos de integración de los diferentes conceptos de los procesos de diseño en este documento nos referimos una visión epistemológica no sólo a través de las partes que componen la arquitectura si no a los sistemas y sus propiedades que deben ser analizados en conjunto, desde la participación de un usuario, así como los avances tecnológicos y la conservación de los recursos naturales. Esto implica la función de distintas disciplinas.

Retomando la parte del diseño de un objeto se dispone de diferentes herramientas de trabajo, así como de distintos procesos para llegar al producto, si bien el objetivo principal de esta investigación es obtener el recurso hídrico por medio de una nueva técnica de captación de humedad optimizando el proceso, materiales y forma, como se muestra en la Ilustración 42.

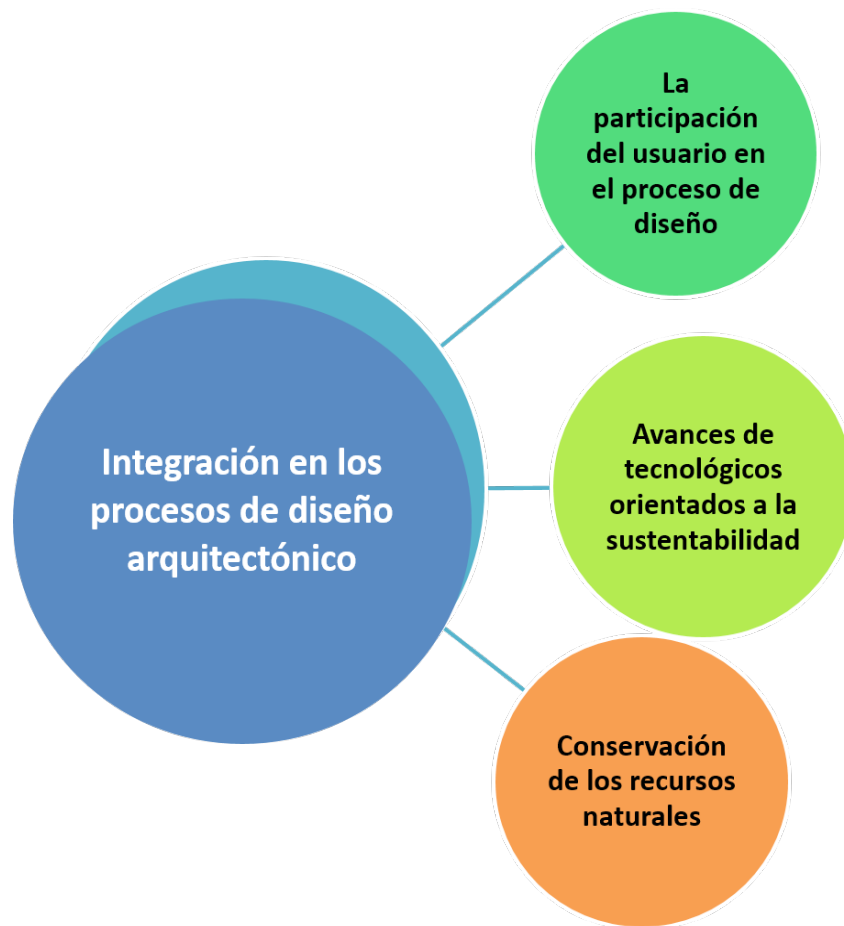


Ilustración 42. Integración de los procesos de diseño  
Fuente: Elaboración de la autora

## 4.2 Análisis y diseño de captador

Para obtener agua de la humedad atmosférica es necesario llegar a la condensación, de esta manera, en el proceso de diseño de la envolvente arquitectónica se diseñó un captador y una placa con la cual la humedad atmosférica existente del aire se impactará sobre ella y así lograr la condensación. Para la práctica inicial se analizaron dos tipos de captadores, sometidos a una simulación mediante el software Ansys Fluent <sup>82</sup>, en el Laboratorio de Edificación Sostenible (LES) en la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), nombrados como: ducto tubo y ducto cono. Los dos con el propósito de recibir la mayor entrada de aire hacia él, para posteriormente reducir de golpe el diámetro y acelerar la velocidad del viento logrando llegar al punto de rocío con ayuda de la temperatura del material.

Primeramente, se analizó el desempeño de ducto tubo, el cual consiste en dos ductos circulares, uno de 15 cm de diámetro con reducción hasta 8 cm de diámetro. El análisis se realizó con aluminio por sus cualidades térmicas, en este caso con la finalidad de conservar la temperatura baja de los horarios nocturnos, que es cuando mayormente sucede el fenómeno hidrológico de la neblina y logrará condensarse sobre el aluminio, generando considerables gotas de agua que pueden ser aprovechadas. (Ilustración 43)

Los parámetros fueron los siguientes:

- Temperatura de ambiente 17 °C
- Velocidad del viento de 5 km/s
- Espesor del material 2 mm

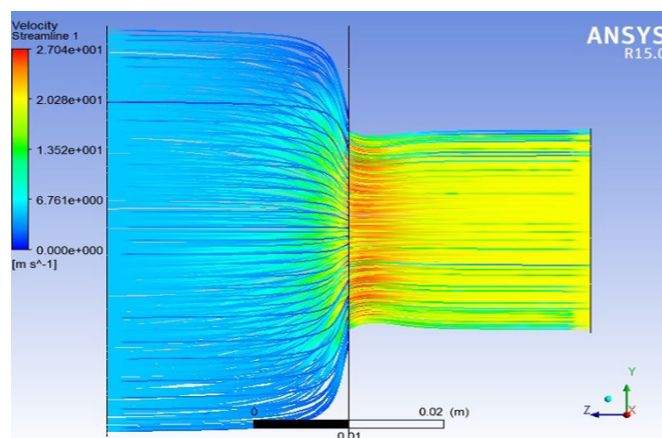


Ilustración 43. Análisis de ducto Tubo  
Fuente: Elaboración de la autora

<sup>83</sup> Ansys Fluent: software que contiene amplias capacidades de modelado físico, necesarias para el modelado de flujo, turbulencia de calor, transferencia de calor y reacciones para aplicaciones industriales. consultado en <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-fluent>, fecha de consulta 2019



De acuerdo a lo anterior, se observó un esfuerzo de la entrada de aire, sin embargo, la idea es generar que fluya el aire húmedo acelerando la velocidad y aumentando la presión, para llegar al punto de rocío. Para esto es necesario que fluya directamente la velocidad del viento hasta la reducción del cono, por lo tanto, al realizar el análisis de ducto cono, con la entrada inicial de 15 centímetros de diámetro, hasta llegar a una reducción final de los 8 centímetros, se observó que el cono acelera la velocidad del viento y generar un cambio gradualmente de temperatura. (Ilustración 44)

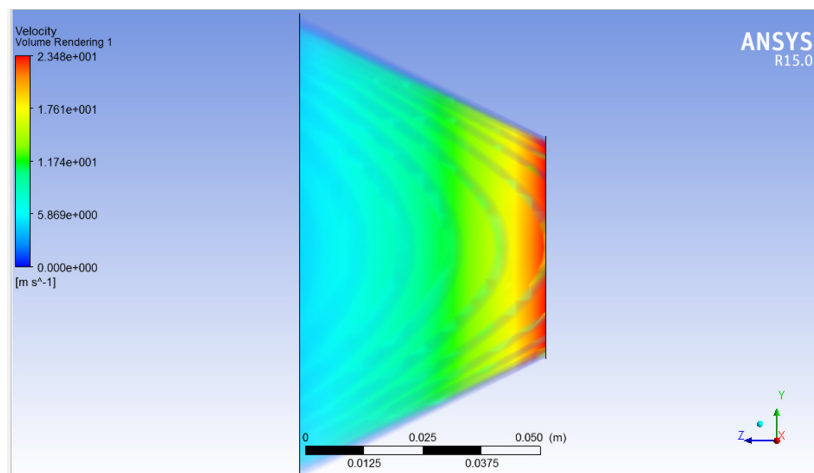


Ilustración 44. Análisis de ducto Cono  
Fuente: Elaboración de la autora

Por lo tanto, la primera propuesta fue un módulo de conos captadores en la parte superior y una placa base en la parte inferior, para lograr la captación de agua en la placa superior y generar la condensación dentro de ella y posteriormente escurra en la placa lisa.

El modelado se realizó en Rhinoceros con Grasshopper<sup>84</sup>, software de diseño vectorial que permite crear, editar y analizar curvas y superficies NURBS, con el plugin Grasshopper como editor gráfico de algoritmos, permitiendo desarrollar, el proyectos desde la fase inicial (diseño conceptual) hasta el renderizado, del prototipo. (Ilustración 45)

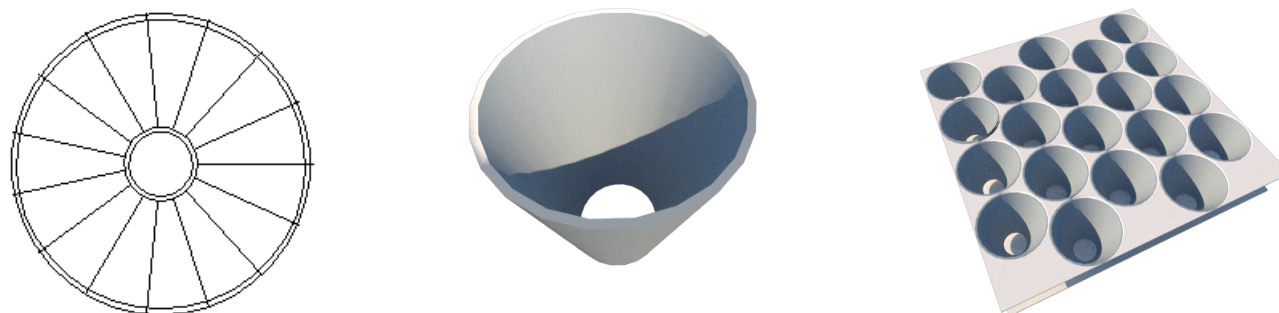


Ilustración 45. Diseño de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

<sup>84</sup> Rhinoceros con Grasshopper: es un lenguaje de programación visual que corre dentro de la aplicación CAD Rhinoceros 3D. Los programas son creados arrastrando componentes en el área de trabajo. Es utilizado principalmente para programar algoritmos generativos, consultado en <https://www.rhino3d.com/es/6/new/grasshopper>, fecha de consulta 2019

En la práctica con Ansys Fluent, primeramente, se exportó la geometría tronco de un cono (TC) como se ve en la ilustración 46. Indicando variables termodinámicas y condiciones de frontera por las cuales transita el fluido. Ilustración 47.

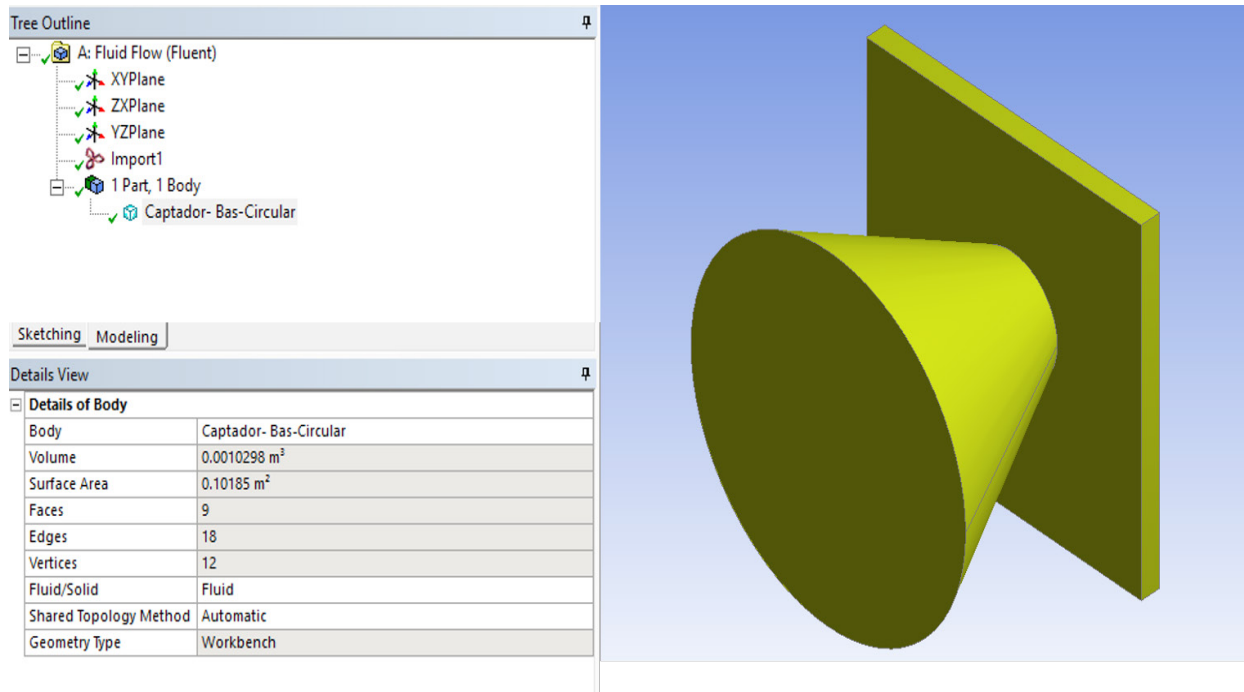


Ilustración 46. Geometría de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

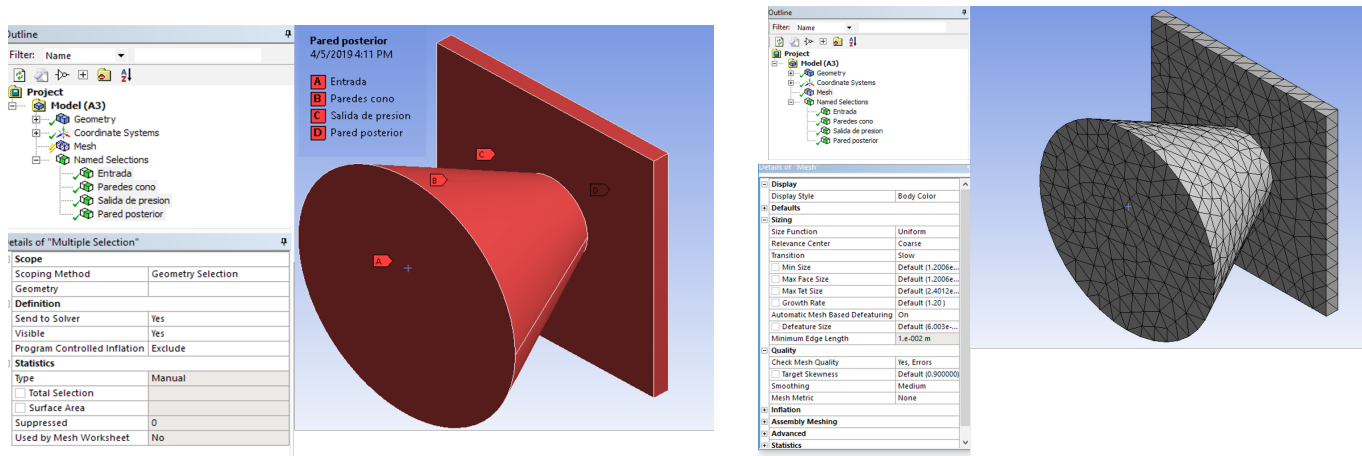


Ilustración 47. Mallado de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

Los modelos que se utilizaron para el análisis fueron los siguientes: se activó la ecuación de la energía, viscosidad de modelo con K-epsilon para calcular la turbulencia y RNG para obtener una viscosidad promedio como se muestra en la Imagen 34.

Al insertar las partículas de fase discreta se asignó la frontera que las recibirá nombrada entrada, la cual arrastrará agua líquida en forma de vapor, con una humedad de 60% (0.008702 kg/s) y una temperatura de 11°C (284.15 K). Imagen 35.

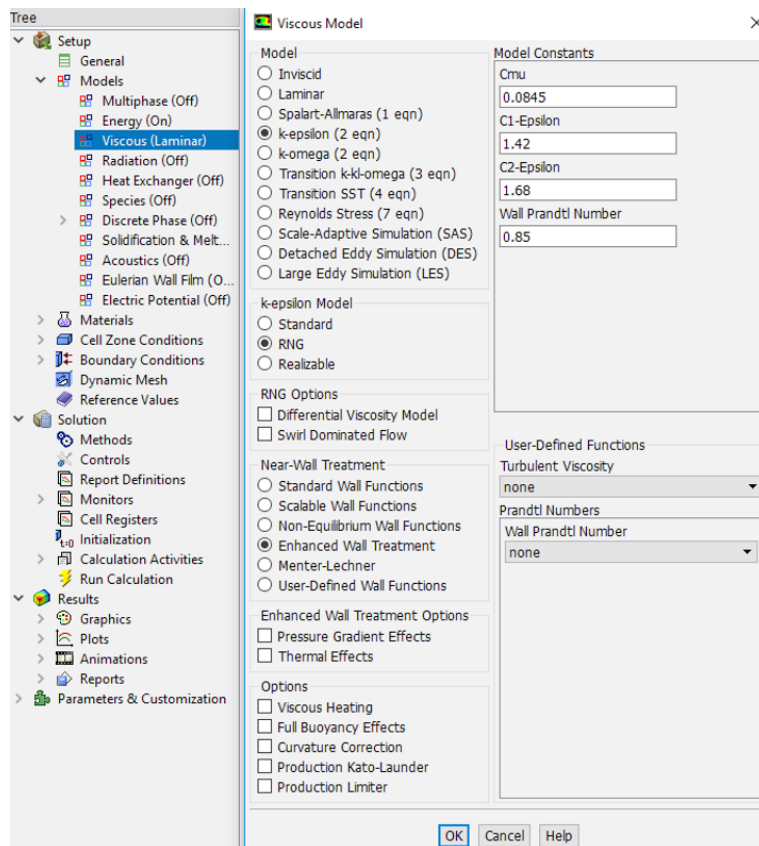


Imagen 34. Modelos para análisis  
Fuente: Elaboración de la autora

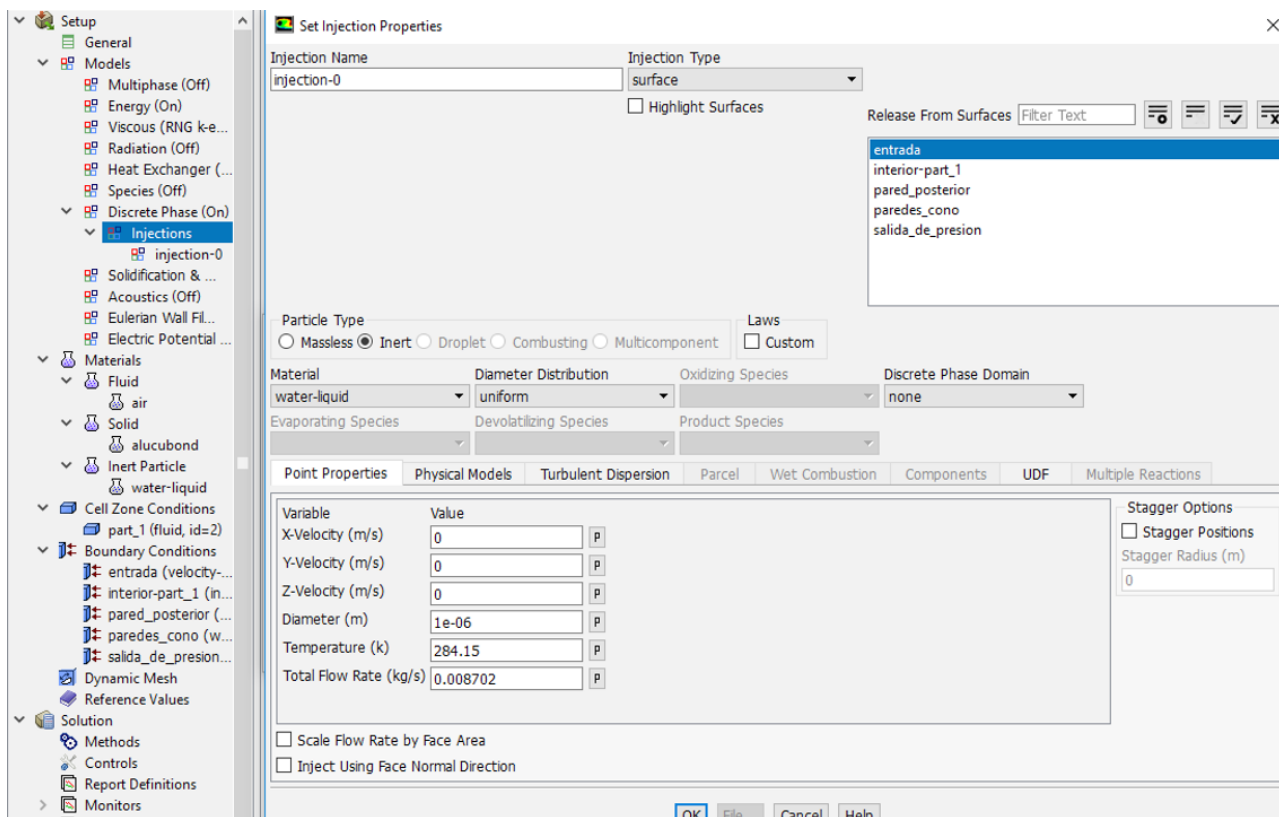


Imagen 35. Indicar inyección sobre superficie  
Fuente: Elaboración de la autora

Los materiales utilizados fueron, *aire* y *agua líquida* que son los que se encuentran en la atmósfera y el material del cono es un panel compuesto de *aluminio* y *polietileno*.(Imagen 36, 37 , 38 y 39).

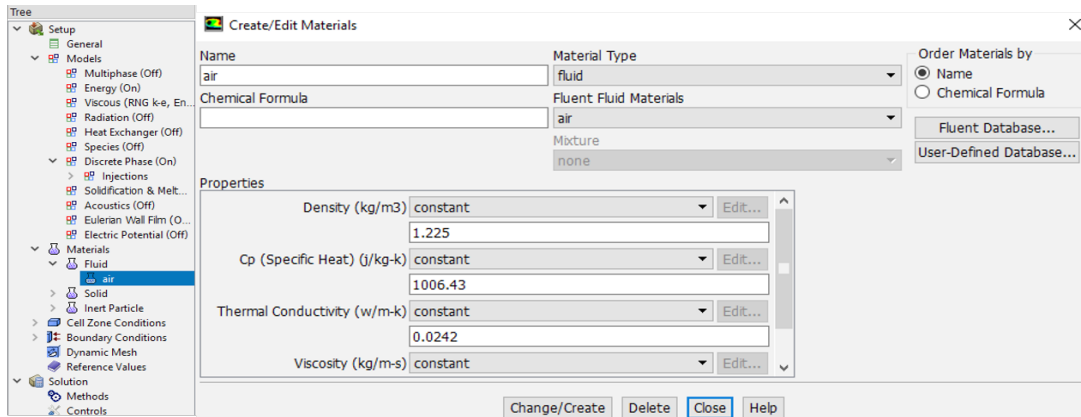


Imagen 36. Elección de material aire  
Fuente: Elaboración de la autora

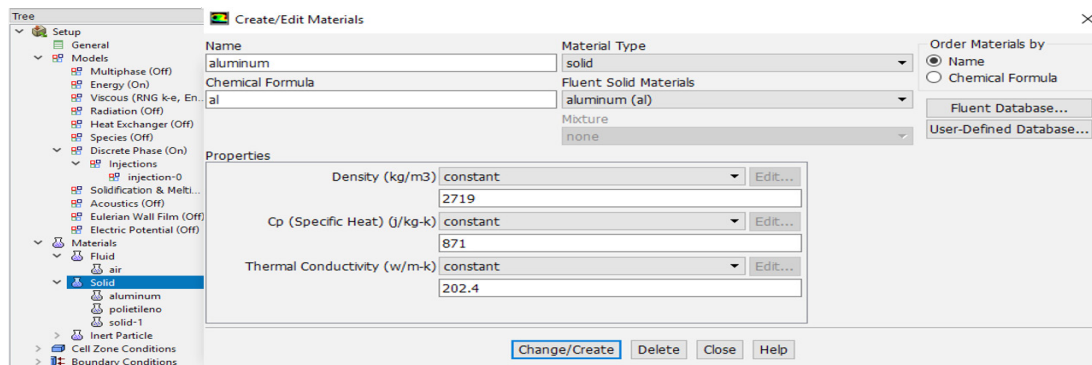


Imagen 37. Elección de material aluminio  
Fuente: Elaboración de la autora

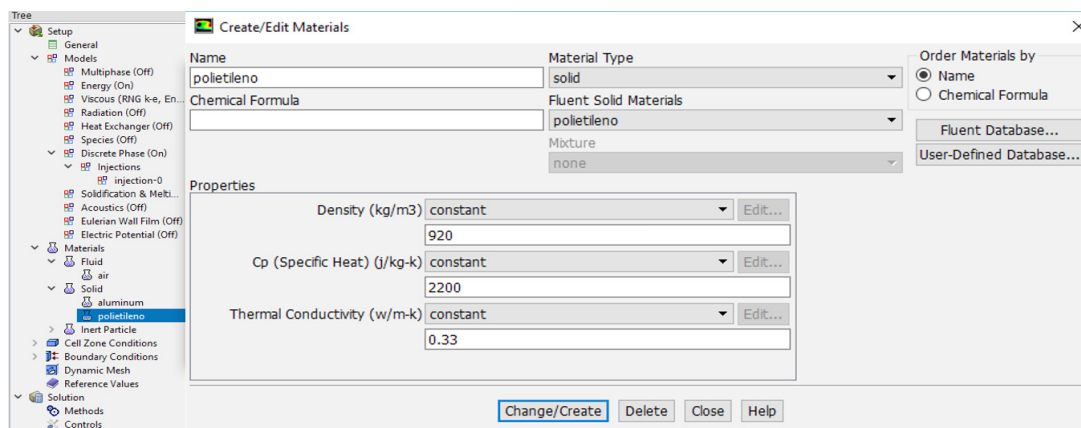


Imagen 38. Elección de material polietileno  
Fuente: Elaboración de la autora

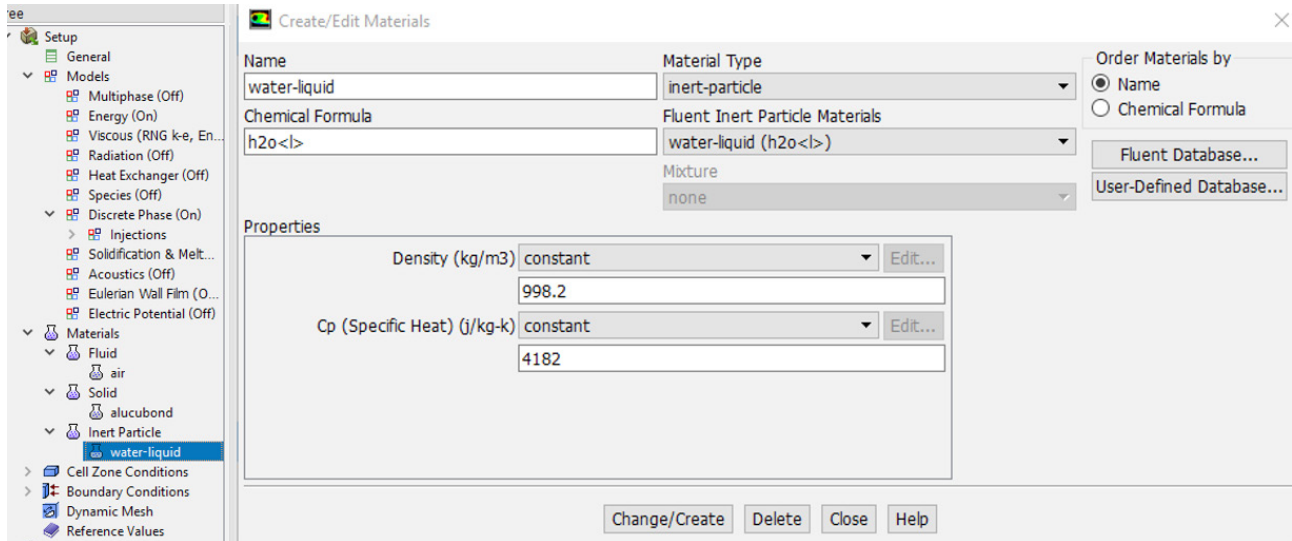


Imagen 39. Elección de material agua líquida  
Fuente: Elaboración de la autora

En las condiciones de operación se asignó la presión (101,700) pascales, así como la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>), Imagen 40.

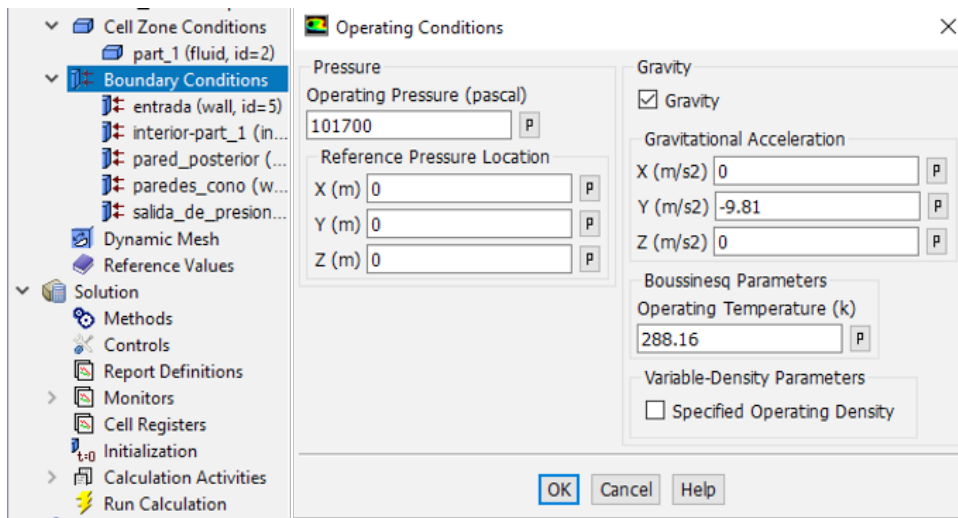


Imagen 40. Condiciones de operación  
Fuente: Elaboración de la autora



Por último, se indicó la función de las condiciones de frontera (*entrada, paredes de cono, salida de presión y pared posterior*). En la frontera *entrada* nombrada como (*velocity-inlet*) se colocaron datos de velocidad del viento en este caso 18 Km/h (5m/s), temperatura inicial de 11°C (284.15 K) y fase de tipo reflejante como se muestra en la imagen 41.

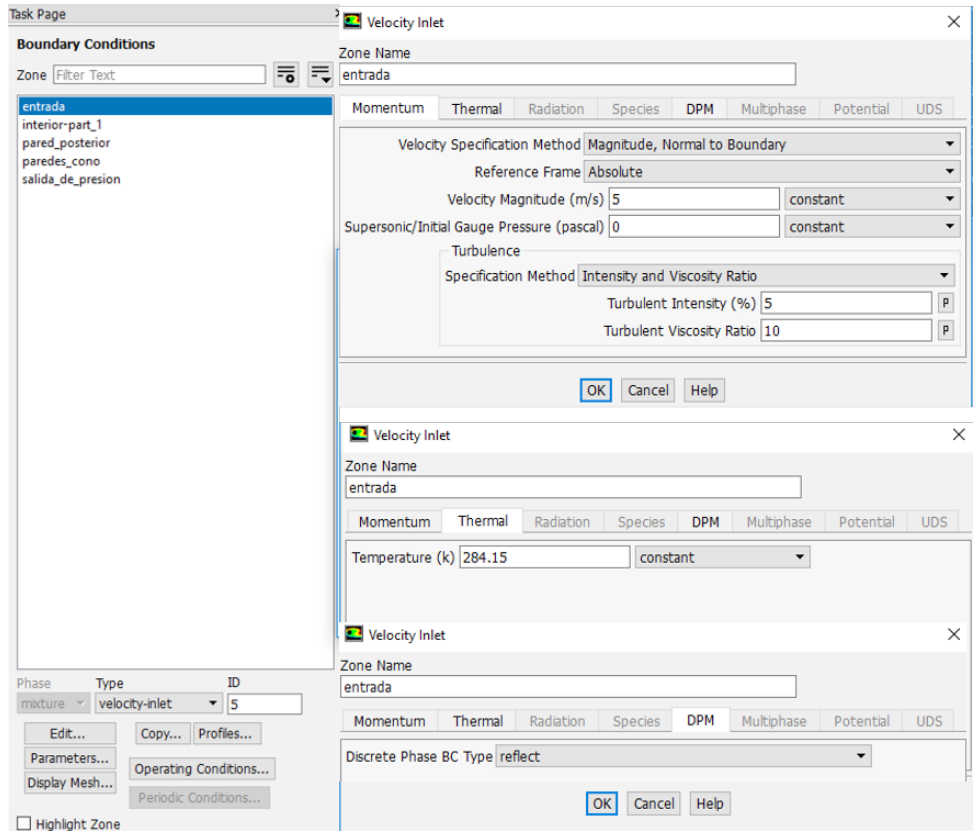


Imagen 41. Frontera entrada  
Fuente: Elaboración de la autora

En la frontera *paredes de cono* se indicó condiciones de térmicas de convección en este caso del viento determinada de acuerdo a su velocidad 24.7 w/m<sup>2</sup>-k, y la temperatura final a la cual se desea llegar al punto de rocío 0°C (273.15 K), así como también el material compuesto por 3 capas, y la condición de tipo reflejante (Imagen 42).

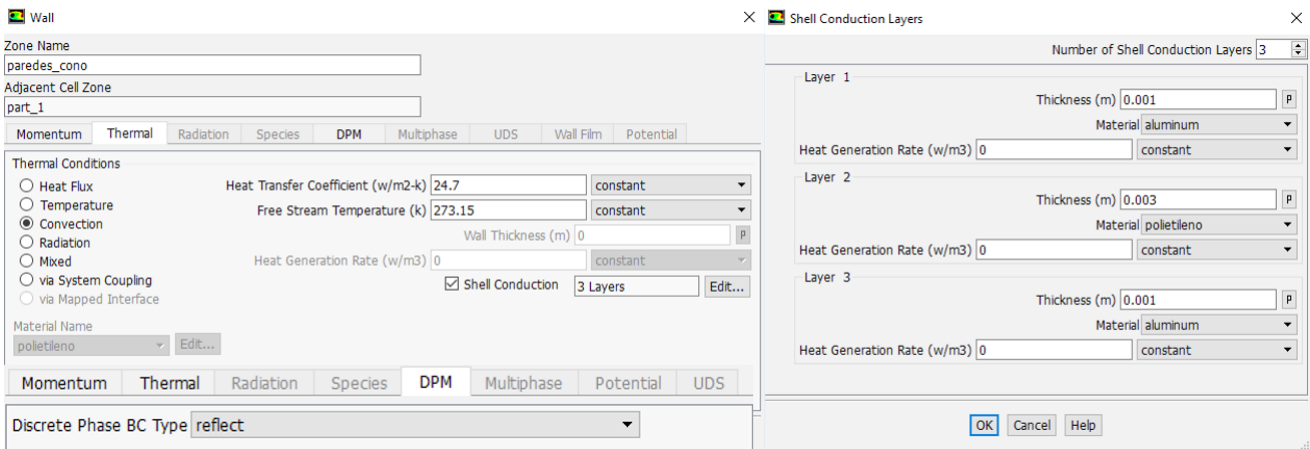


Imagen 42. Frontera paredes de cono  
Fuente: Elaboración de la autora

En la frontera *pared posterior* se indicó adiabático, es decir sin transferencia de calor, pero con las condiciones del material compuesto por tres capas, dos de aluminio cada una de 0.001m y una capa de polietileno de 0.003 m. y de tipo reflejante (Imagen 43). Y por último la temperatura baja de 0°C (273.15 K) que se indica en la *frontera de salida de presión* para propiciar la condensación bajando la temperatura de entrada. (Imagen 44)

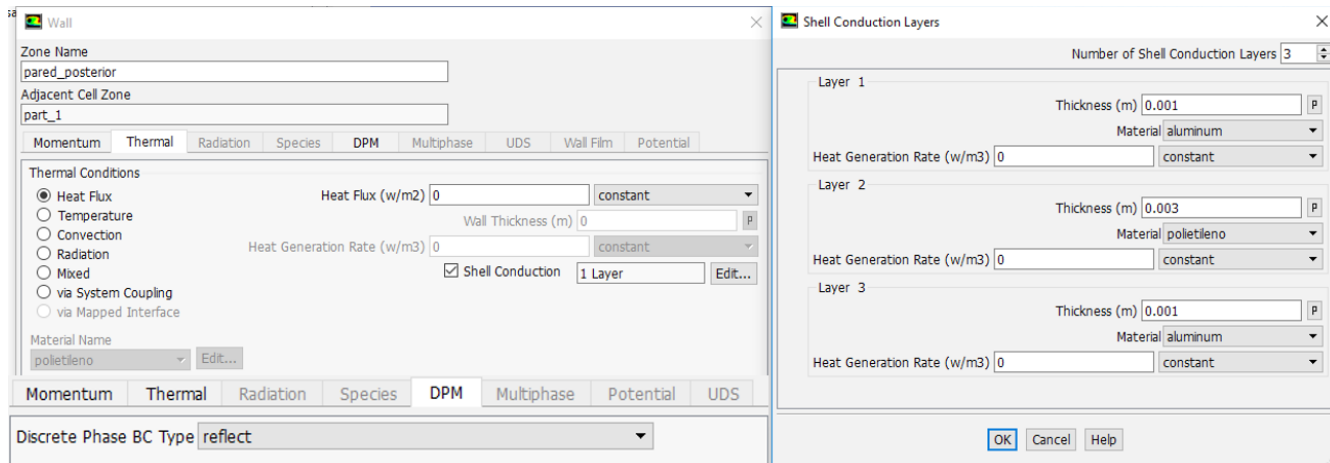


Imagen 43. Frontera pared posterior  
Fuente: Elaboración de la autora

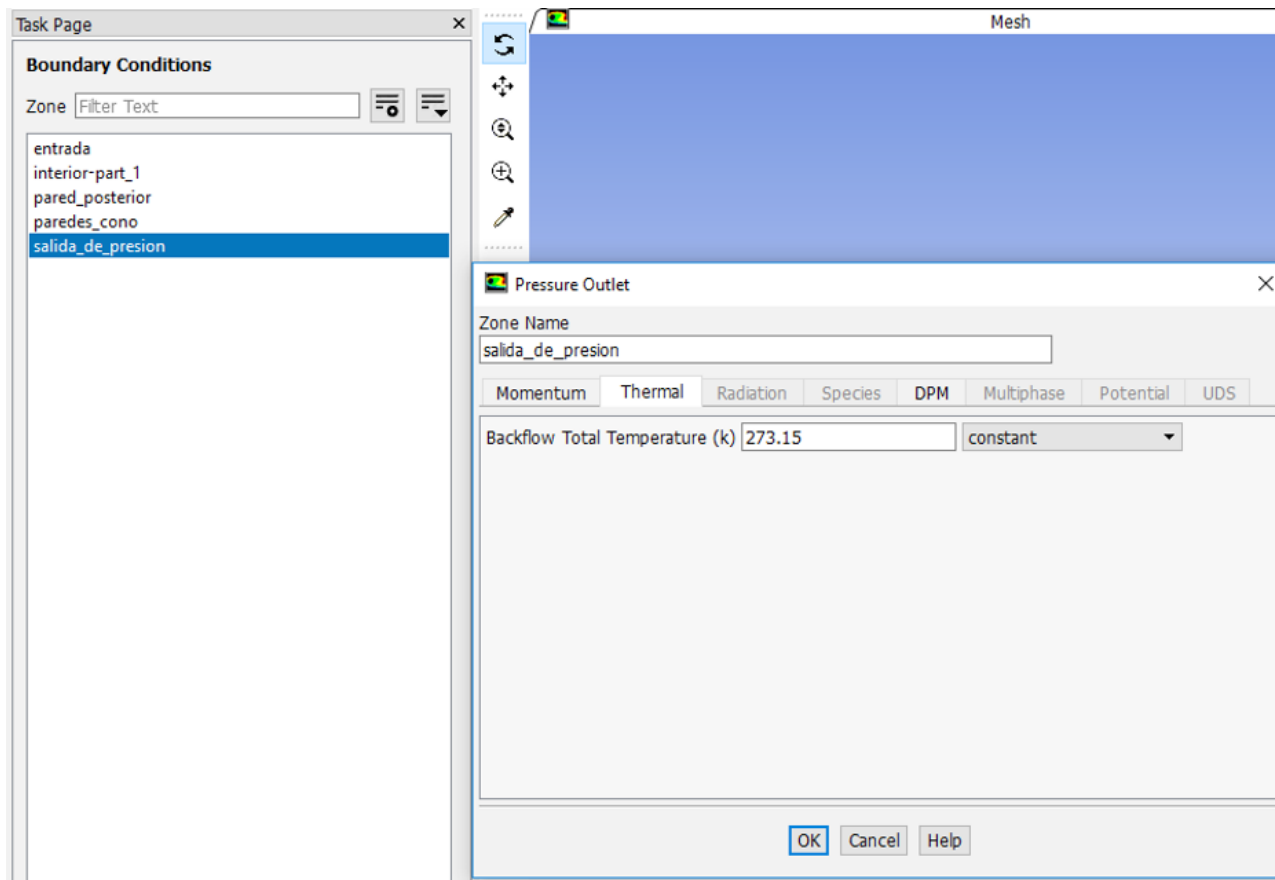


Imagen 44. Salida de presión  
Fuente: Elaboración de la autora

Al realizar el cálculo podemos observar en los residuales que las dos graficas no presentan divergencia en los cálculos obtenidos.

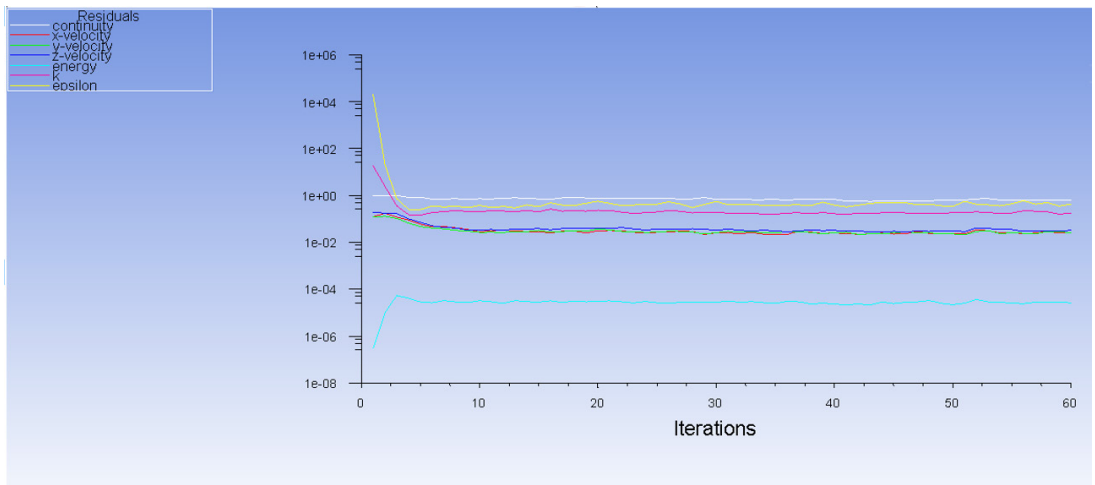


Ilustración 48. Residuales de modulo circulo  
Fuente: Elaboración de la autora

Una vez realizado el cálculo se exportaron las partículas en la cual se encuentra la inyección de vapor de agua, y nos arrojó los siguientes datos.

En la ilustración 49 de lado izquierdo se ve el descenso de la temperatura en el TC de 11°C (284.15 K) a 0°C (273.15 K), y en lado derecho se observa el esparcimiento de las partículas sobre la placa una vez finalizado el efecto de estrangulación que ocasiona la forma cónica.

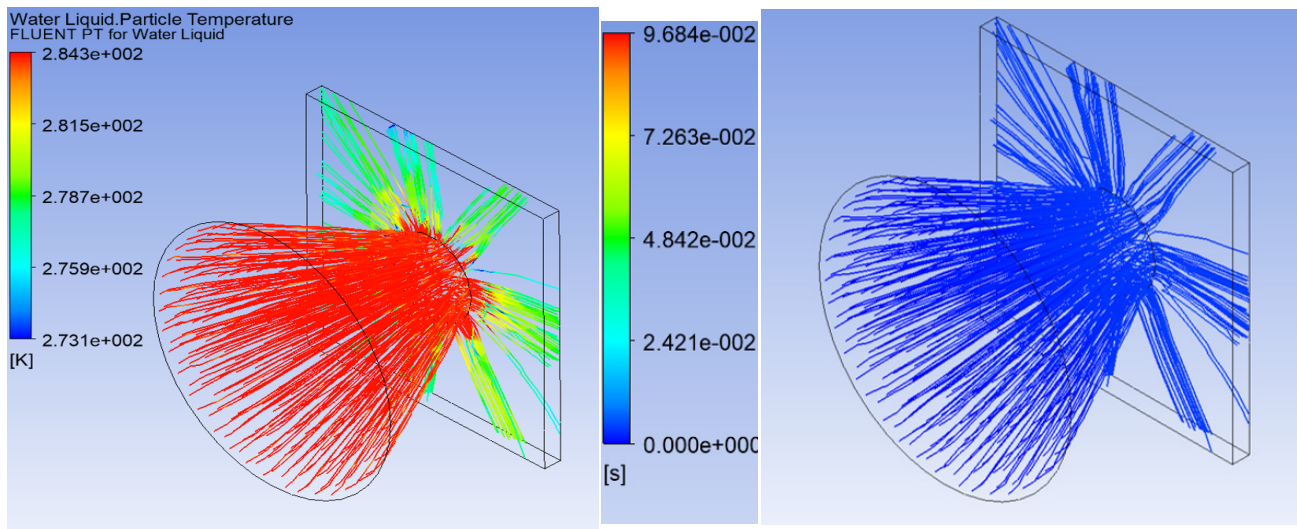


Ilustración 49. Resultado de Temperatura y esparcimiento de partículas de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

Una vez observado el resultado se buscó la geometría más adecuada para el aprovechamiento de captación sobre la superficie. De este modo se llegó a la composición estructural de un panal de abejas y se investigó la optimización de su estructura y su funcionamiento. Determinando que la geometría hexagonal de los panales se debe a que es una estructura que permite construir celdillas con mayor área, en el caso de las abejas importante para almacenar más miel usando la menor cantidad de material.



Imagen 45. Panal de abejas

Fuente: <https://www.gob.mx/sader/es/articulos/los-productos-de-la-colmena>

Esta teoría se la debemos al matemático, Pappus de Alejandría en el quien postuló y comprobó, diciendo que “si dividimos una superficie dada en secciones de igual área, resulta ser la división en hexágonos la que lo hace con el menor perímetro”.<sup>85</sup> Tal como se ve en la ilustración 50 con el pentágono y el círculo. Si las celdillas fuesen redondas o con la forma de cualquier otro polígono, quedaría espacio sobrando entre ellas, con lo que se desperdiciaría parte de la superficie. Por ello, estas estructuras quedan descartadas. Sin embargo, en la ilustración 51, las 3 formas que permiten la utilización de toda la superficie o espacio son los cuadros, triángulos y hexágonos.

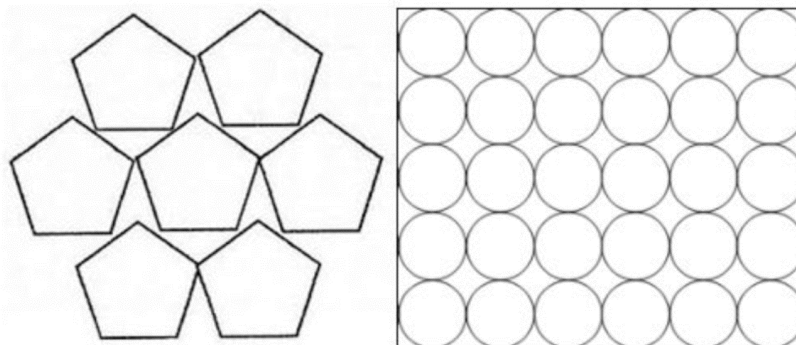


Ilustración 50. Pentágono y Círculo sin ocupar toda la superficie

Fuente: Elaboración de la autora

<sup>85</sup> Naukas, Sobre abejas, matemáticas y pompas de jabón en <https://naukas.com/2017/03/29/sobre-abejas-matematicas-y-pompas-de-jabon/>, parrofo 4, fecha de consulta 2019



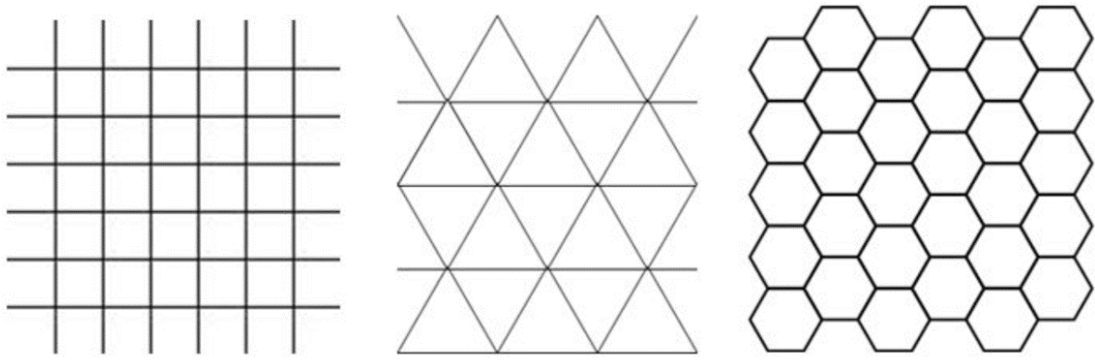


Ilustración 51. Cuadros, triángulos y hexagonos ocupar toda la superficie  
Fuente: Elaboración de la autora

Estudios recientes demuestran que, de hecho, las abejas construyen sus celdillas de forma circular, lo que sucede es que para hacerlo deben calentar la cera, este aumento de temperatura hace que este material se comporte como un semi-líquido, algo similar que sucede con las pompas de jabón. Una pompa de jabón aislada es esférica (imagen 46), esta es la forma que alberga más volumen con menor superficie de jabón, pero si se juntan varias tienden a formar polígonos, compartiendo sus lados, exactamente igual que las celdillas de las colmenas, tal como se ve en las imágenes 47 y 48.<sup>86</sup>



Imagen 46. Pompa de jabón  
Fuente: [https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/2048px-Bubble\\_3.jpg](https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/2048px-Bubble_3.jpg)

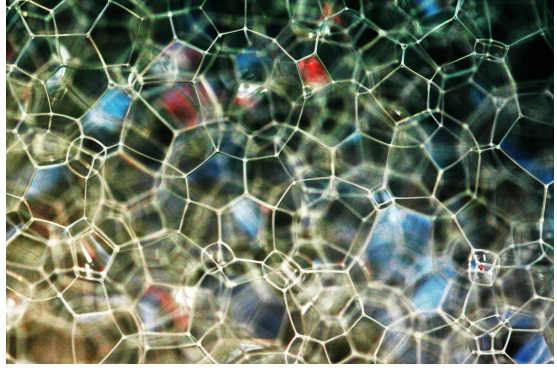


Imagen 47. Conjunto de pompas de jabón  
Fuente: [https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/Cosmic\\_soap\\_bubbles\\_God\\_takes\\_a\\_bath\\_612350664.jpg](https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/Cosmic_soap_bubbles_God_takes_a_bath_612350664.jpg)

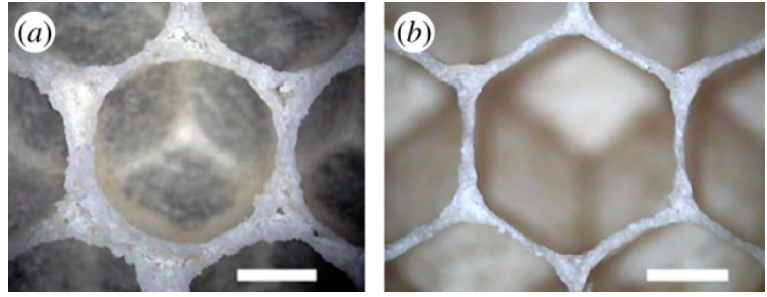


Imagen 48. Composición de panal de abejas  
Fuente: <https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/rsif20130299-g1.jpg>

86 Naukas, Sobre abejas, matemáticas y pompas de jabón en <https://naukas.com/2017/03/29/sobre-abejas-matematicas-y-pompas-de-jabon/>, parrofo 4, fecha de consulta 2019



De modo que se realizó nuevamente la simulación con una segunda geometría que consiste en un tronco de una pirámide triangular (TPT). La eficiencia se definió con la relación del captador con los mismos parámetros que el módulo circular, para confirmar el funcionamiento.

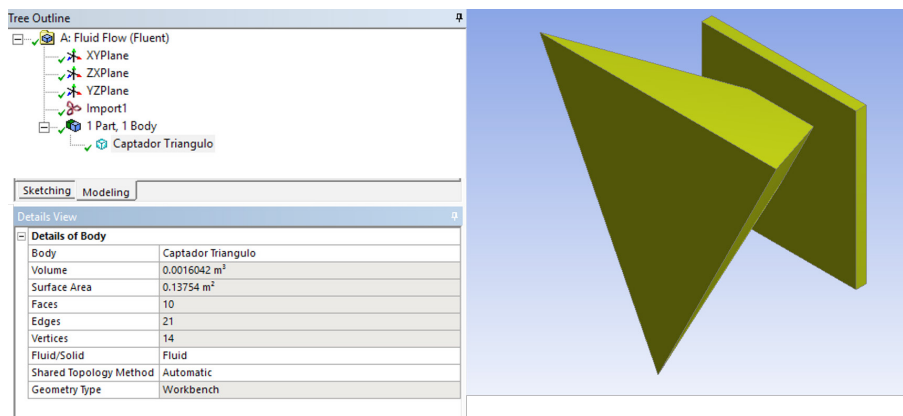


Ilustración 52. Geometría de módulo triangular  
Fuente: Elaboración de la autora

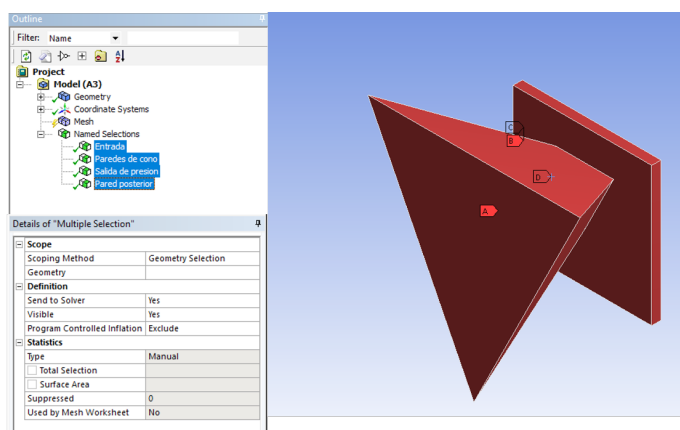


Ilustración 53. Condiciones de frontera en módulo triangular  
Fuente: Elaboración de la autora

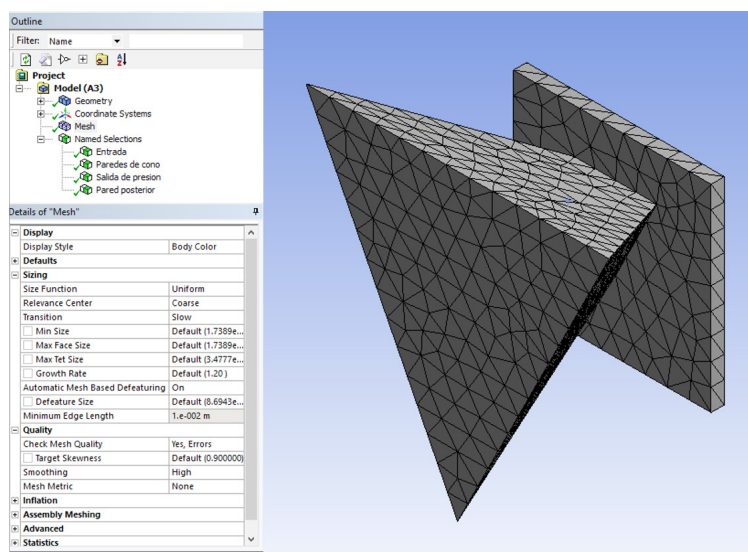


Ilustración 54. Mallado de módulo triangular  
Fuente: Elaboración de la autora

Al realizar el cálculo podemos observar en la ilustración 55 en los residuales que las dos gráficas no presentan divergencia en los cálculos obtenidos, por lo tanto, sigue siendo factible este módulo para el proceso de condensación, ya que las gráficas arrojaron datos similares al módulo de círculos.

En la ilustración 56 en el lado izquierdo se aprecia el descenso de la temperatura y en la derecha se observa el esparcimiento de las partículas sobre la placa una vez finalizado el efecto de estrangulación se adhieren a la placa esperando la acumulación de más partículas húmedas para precipitarse por gravedad y deslizarse sobre la placa.

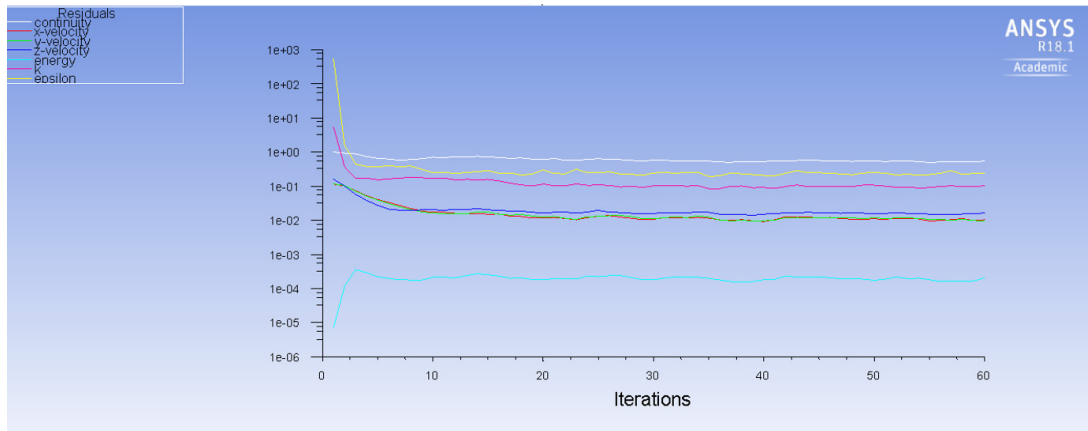


Ilustración 55. Diseño de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

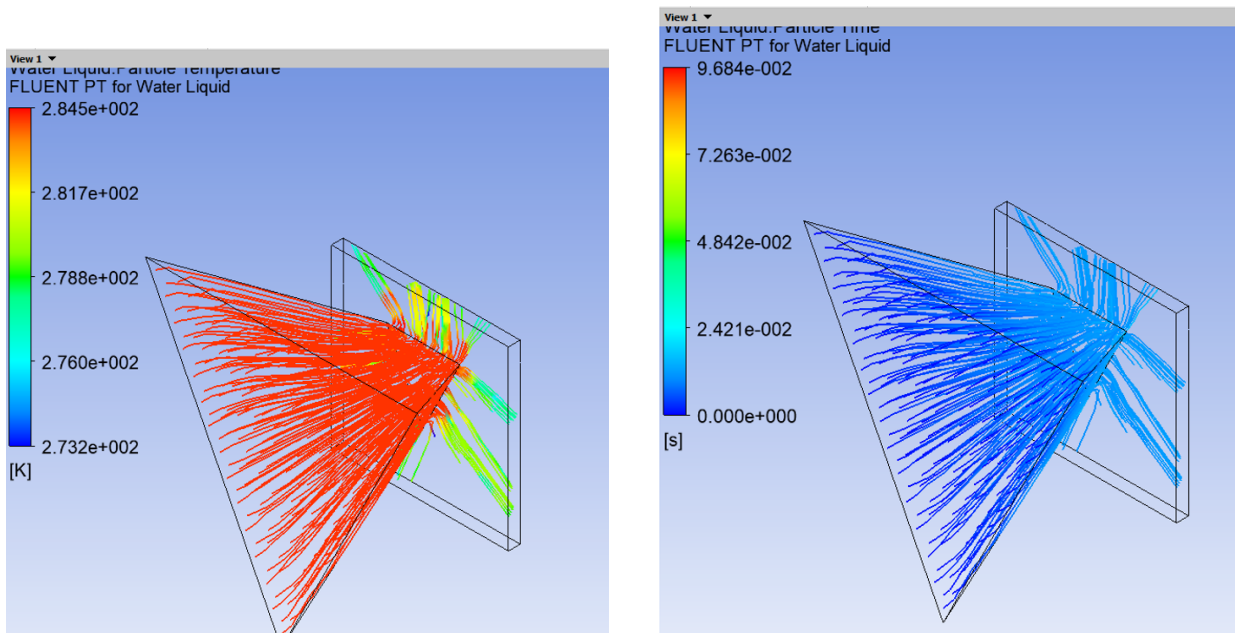


Ilustración 56. Diseño de módulo circular  
Fuente: Elaboración de la autora

Retomando la optimización de las superficies se eligió una placa lisa como módulo principal en la cual escurrirá la humedad captada, este módulo tiene dimensiones de 60 cm por 15 cm. (Ilustración 57)

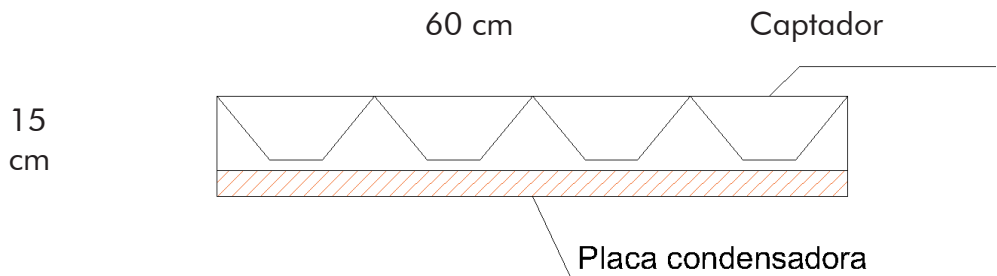


Ilustración 57. Propuesta de módulo liso  
Fuente: Elaboración de la autora

Algunas de las razones por las que dentro del proceso de diseño se elige la forma de la cubierta, como se habló en el capítulo 1 son las condiciones geográficas, ya que depende la ubicación del proyecto para elegir entre cubiertas planas y el uso de canaletas como función de captar agua de lluvia, en algunos casos pendientes a dos aguas para la caída de nieve, en este caso para el proceso de condensar agua de neblina, se requieren primeramente de otros materiales y así como de otras formas de cubiertas.

Para esto se propone que para dirigir el agua captada a un almacenamiento se requiere de una cubierta que envuelva la edificación para mayor aprovechamiento del área, contrario a las cubiertas tradicionales de techos planos o cubiertas con inclinaciones, tal como se aprecia en la ilustración 58. Una vez que el agua sea captada, se dirigirá hacia un almacenamiento con sistema de rejilla que no permite la entrada de basura y posteriormente, un filtro para mejorar la calidad de agua obtenida.

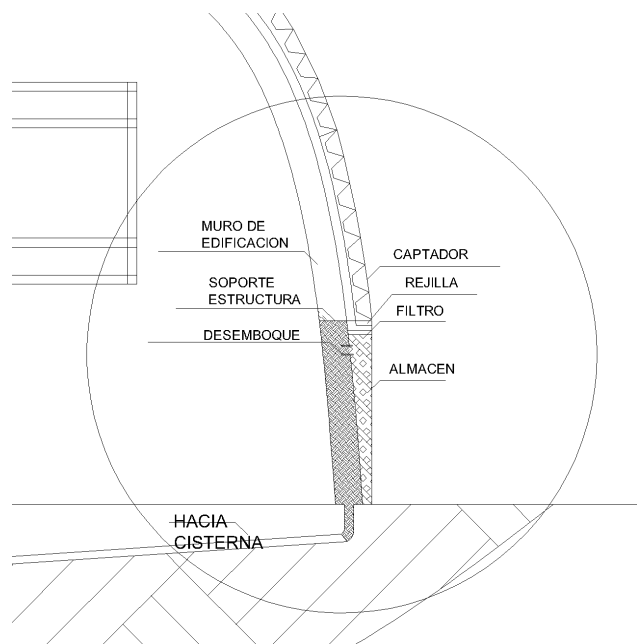


Ilustración 58. Sistema de almacenamiento  
Fuente: Elaboración de la autora

Algunas de las diferencias que se analizaron en el proceso para recolectar lluvia con las zona de baja precipitación son muy pocas, sin embargo, el diseño de una cubierta envolvente beneficiaría la obtención de agua tanto de lluvia como de neblina u otros hidrometeoros. Tal como se aprecia en la tabla 10.

Tabla 10: Diferencias de proceso de captación de agua de lluvia y neblina

<b>Captación de agua de lluvia</b>	<b>Captación de neblina u otros hidrometeoros</b>
1. Reconocimiento de sitio en el cual se presenta frecuente precipitación pluvial.	1. Reconocimiento de sitio en el cual se cuenta con neblina frecuente.
2. Proponer cubiertas inclinadas.	2. Ya que el aprovechamiento es en sentido vertical y horizontal, para la recolección de neblina se requiere una cubierta envolvente.
3. Sobre las cubiertas inclinadas es necesario colocar canaletas para redirigir el flujo del agua hacia un almacenamiento, ya sea tanque de plástico o cisterna de concreto, subterráneos o superficiales.	3. Sobre la envolvente se requiere un sistema de captación y absorción para realizar el efecto de la condensación por medio de materiales y formas para redirigir el aire y el fluido obtenido.
4. Posteriormente un sistema de filtración para mejorar la calidad del agua.	4. Durante el proceso de redireccionar el líquido obtenido es posible la purificación.
5. Almacenamiento subterráneo	5. Almacenamiento

Fuente: Elaboración de la autora

## 4.3 Diseño conceptual de cubierta-envolvente

Una vez que se obtuvo el análisis del captador, se realizó la propuesta de envolvente para que el flujo del agua sea más rápido antes de que suceda una evaporación del líquido obtenido sobre el material a utilizar.

La realización de esta cubierta-envolvente consiste en una serie de curvas, llamada placa base, que sobre ella se incorporan las placas con los módulos captadores cubriendo toda el área de la superficie. Para optimizar la forma de esta cubierta-envolvente se aplicó el principio del problema de Joseph Plateau, logrando que se minimizara el área de la geometría, es decir creando una superficie mínima.

El problema de Plateau consiste en determinar si es posible encontrar una superficie mínima limitada por una curva cerrada, sin autointersecciones. El físico belga Joseph Plateau, demostró en 1849 que la superficie mínima se puede obtener sumergiendo un marco de alambre, en el que se representa los límites, a lo que llamamos frontera, sumergido en agua jabonosa, obteniendo una superficie.<sup>87</sup>

Comprobando que, dados dos puntos en el espacio, se encuentra una curva que los conecta con la menor distancia, en la que la solución, siempre es un segmento de línea recta. Pero si sumergimos un cable perfectamente circular en agua jabonosa, la película de jabón resultante debería ser un disco plano que atravesase el círculo. Sin embargo, si nuestro límite de cable está doblado, entonces esperamos que la superficie con la menor área que se extienda tendrá que doblarse, teniendo entonces que la curvatura es una forma de describir la flexión de una superficie.<sup>88</sup> (Imagen 49)

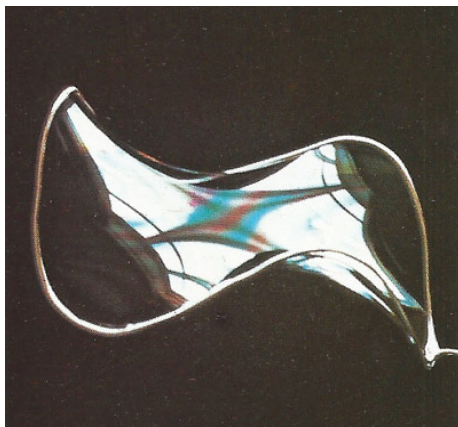


Imagen 49. Representación de superficie mínima  
Fuente:<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/B/bubbles.html>

87 Douglas Jesse, Solution of the problem of Plateau pdf , parrafo 1 sonstado en <https://pdfs.semanticscholar.org/a271/4f-387c78bbe0bf448f7f6e5676b15aab0a17.pdf>, fecha de consulta 2018

88 Soap Film Geometry Minimal Surfaces and Isoperimetric Problems in Mathematics en <http://pi.math.cornell.edu/~meadows/create/>, fecha de consulta 2019



Como ejemplo en la arquitectura, “el arquitecto alemán Frei Otto utilizó las técnicas de superficie mínima de Plateau para diseñar una cubierta ligera y espaciosa para el pabellón de Alemania Occidental en la exposición internacional celebrada en Montreal en 1967.”<sup>89</sup> (Imagen 50)



Imagen 50. Pabellon de Alemania 1967 Arq. Frei Otto

Fuente: <https://www.archdaily.mx/mx/768540/clasicos-de-arquitectura-pabellon-aleman-expo-67-frei-ot-to-rolf-gutbrod>

Otro ejemplo es el pabellón Shellstar en Wan Chai, Hong Kong, (imagen 51) en el que MATSYS tenía la tarea de que este pabellon serviría como centro social y centro de su festival de arte y diseño celebrado en Hong Kong. El pabellón resultante tendría que “maximizar su rendimiento espacial al tiempo que minimiza la estructura y el material”, ya que sería temporal, económico y eficiente.<sup>90</sup>

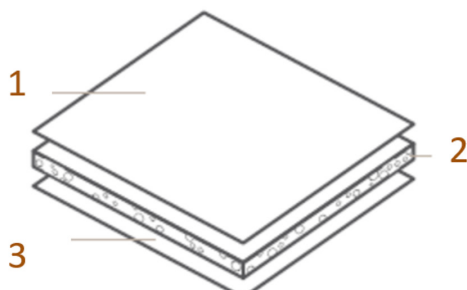


Imagen 51. Pabellon Shellstar en Wan Chai, Hong Kong, Fuente: <https://www.arch2o.com/shellstar-pavilion-matsys/>

<sup>89</sup> Enciclopedia Britanica, Plateau Problem en <https://www.britannica.com/science/Plateau-problem>, fecha de consulta 2019

<sup>90</sup> Arch20, Shellstar Pavilion | MATSYS en <https://www.arch2o.com/shellstar-pavilion-matsys/>, fecha de consulta 2019

Para la realización de este modelo de cubierta se requiere de un adecuado uso del material a moldear, en el caso de este proyecto se eligió para la cubierta-envolvente un panel de aluminio compuesto de 4mm de espesor con un núcleo de polietileno, utilizando en distintas obras por su manejo flexible y diferentes acabados.



1. Pintura lacada o acabado anodizado
2. Núcleo de Polietileno
3. Aluminio 4 mm

Ilustración 59. Panel de Aluminio compuesto  
Fuente: Elaboración de la autora

Para la aplicación del problema de Plateau en la optimización de la envolvente se aplicó el código de programación ejecutado en el software *Mathemática*, para minimizar el área de la cubierta, y posteriormente repetir el módulo captador creando un patrón de triángulos, tal como se ve en la ilustración 60.

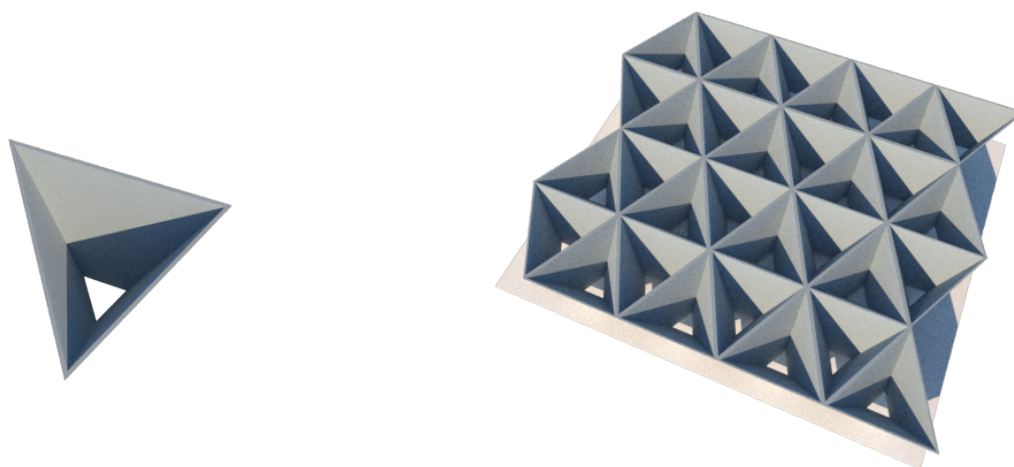


Ilustración 60. Módulo de captadores  
Fuente: Elaboración de la autora

Al inicio de este capítulo se habló de la aplicación del exoesqueleto de las esponjas marinas sobre una edificación para la entrada de aire, en este caso se aborda la función de la absorción de agua para alimentarse ya que ellas no tienen tejidos u órganos vitales como otros animales, pero pueden llevar a cabo las funciones básicas a través de sus células, en las que cada una tiene su función, tales como: digestión, reproducción, deshacerse de los desechos, etc.

Por otro lado, el “esqueleto” de las esponjas marinas, se forma gracias a miles de bacterias productoras de carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>). Estas bacterias se acumulan entorno a la esponja en forma de esqueleto y se nutren mediante el flujo de agua a través de sus poros captando partículas que hay en el agua que penetran por los poros y se convierten en el alimento de las esponjas. Algo similar a las bacterias acumuladas que generan los musgos en una roca. <sup>91</sup>

Los musgos (Briofitas) son plantas pequeñas que carecen de tejido vascular o leñoso y requieren de un ambiente temporalmente saturado de agua para completar su ciclo de vida (Delgadillo, 2003). Viven en ambientes muy variados, desde las altas montañas hasta el nivel del mar, en las selvas húmedas o en zonas áridas. A menudo se encuentran en los microclimas más húmedos de estos ambientes ya que requieren del agua para su reproducción. <sup>92</sup> (Imagen 52)

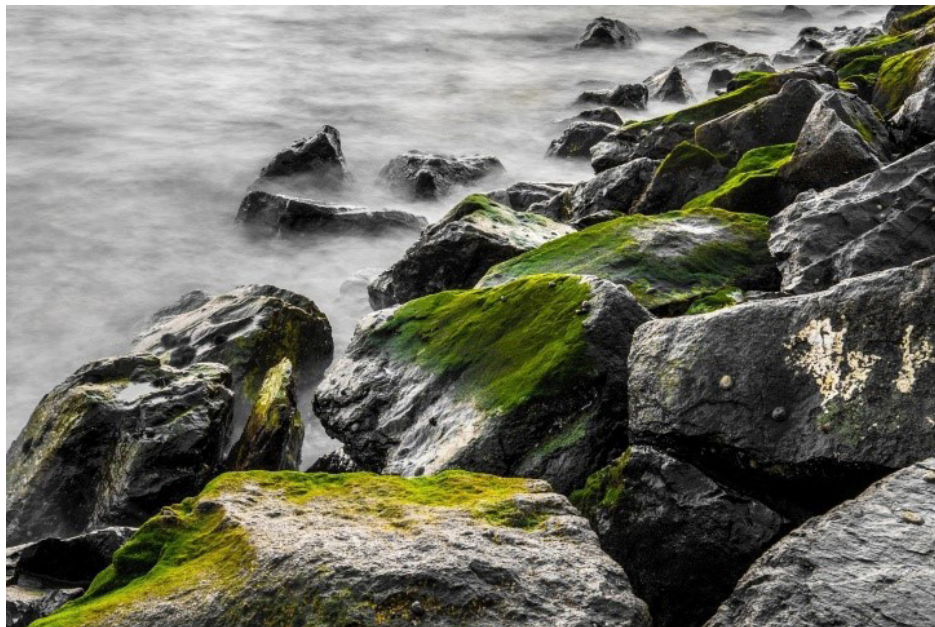


Imagen 52. Rocas con musgos

Fuente: <https://pixnio.com/es/paisajes/costa-es/naturaleza-costa-oceano-naturaleza-paisaje-rocas-costa-niebla-neblina-piedras-verde-mar>

91 OK diario, Los datos más curiosos sobre las esponjas marinas consultado en <https://okdiario.com/curiosidades/datos-curiosos-sobre-esponjas-marinas-940216>, fecha de consulta 2019

92 Biodiversidad Mexicana, Musgos consultado en [https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran\\_familia/plantas/musgos/musgos.html](https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/musgos/musgos.html), fecha de consulta 2019



Partiendo de las entidades biológicas anteriores, entendemos que se requiere de la humedad para su reproducción y desarrollo, por lo tanto, retomamos ese principio para la propuesta de la cubierta-envolvente, las esponjas cuentan con orificios por cuales absorben el agua del mar, en nuestro ejercicio se aplican captadores con la misma función, sin embargo, al estar expuestos a la intemperie requieren una humedad alta tal y como se aprecia en la reproducción de los musgos.

Para la representación de esta cubierta-envolvente se generó un modelo como propuesta de un modelo de cubierta, transformado un catenoide para generar la superficie de diseño. La catenoide es la superficie que se obtiene por rotación de una catenaria alrededor de un eje coplanar, perpendicular al eje de simetría y que no la corte, fue descubierta por L. Euler. (ilustración 61).

Esta tensión superficial tiende a minimizar el área de la superficie función que se presenta con las membranas de jabón en la imagen 53.

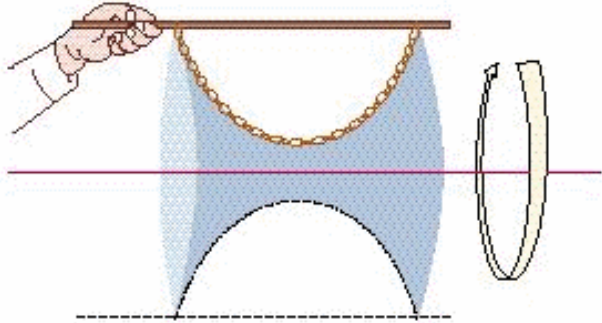


Ilustración 61. Rotación de una catenaria  
Fuente: <https://www.mathcurve.com/surfaces/catenoid/catenoid.shtml>



Imagen 53. Catenoide en popa de jabon  
Fuente: <https://kankaluya.matem.unam.mx/superficiesminimas/catenoide.pdf>

Este catenoide fue modificando desplazando las superficies como se aprecia en la ilustración 62, en la que círculos en color rojo son las fronteras iniciales, que al ser unidas crean diferentes formas, optimizando el área que los une creando una única frontera.

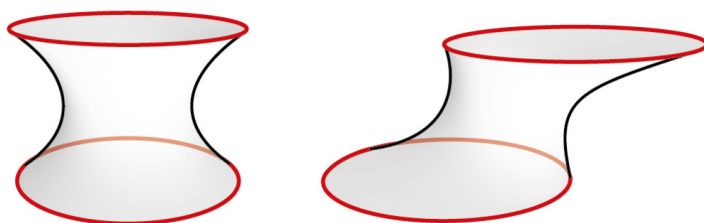


Ilustración 62. Modificación de Catenoide  
Fuente: <https://www.ar.tum.de/en/lt/research-pavilion/>

En el proceso de diseño conceptual de la envolvente se inició con el primer nivel de la biomimética extrayendo la forma de manera abstracta de la roca, como se muestra en la ilustración 63.

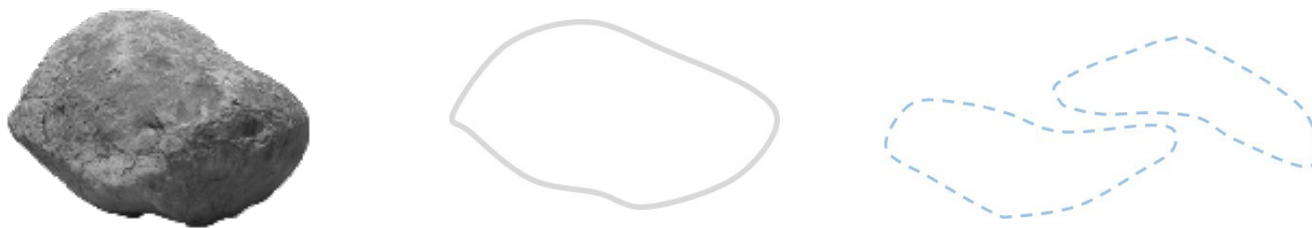


Ilustración 63. Abstracción de Roca  
Fuente: Elaboración de la autora

Posteriormente se unieron las superficies creando un catenoide modificado en el que se estructuró a manera de planos seriados obteniendo una estructura (ilustración 64), la cual recibe la primera placa lisa de aluminio compuesto (ilustración 65) para después sobre el crear un exoesqueleto como el de las esponjas marinas y colocar los conos captadores de aluminio compuesto haciendo la función de absorción de humedad (ilustración 66).

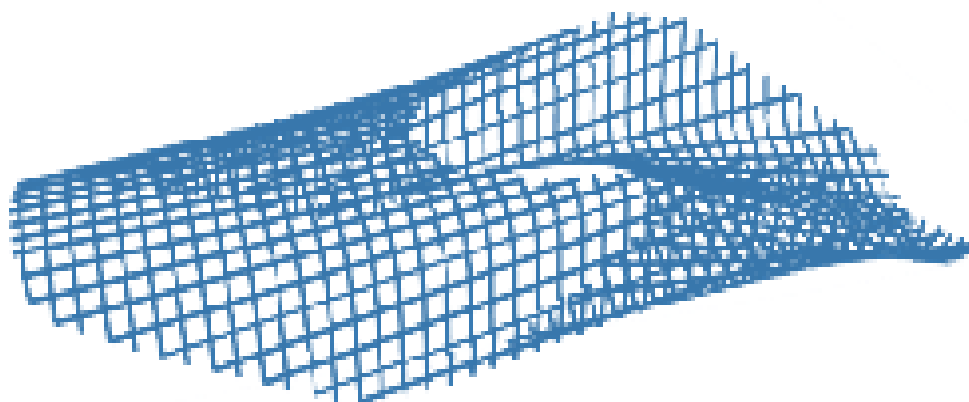


Ilustración 64. Estructura de cubierta  
Fuente: Elaboración de la autora



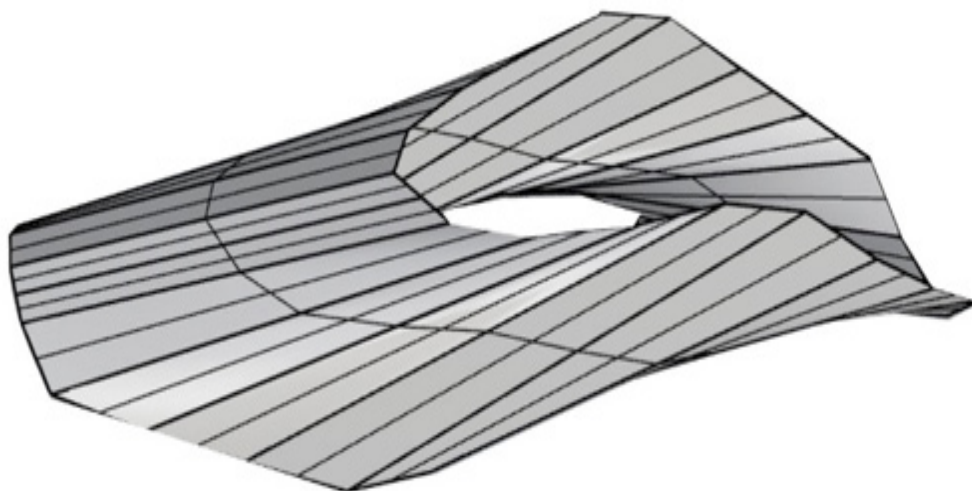


Ilustración 65. Superficie (placa lisa de captador)  
Fuente: Elaboración de la autora

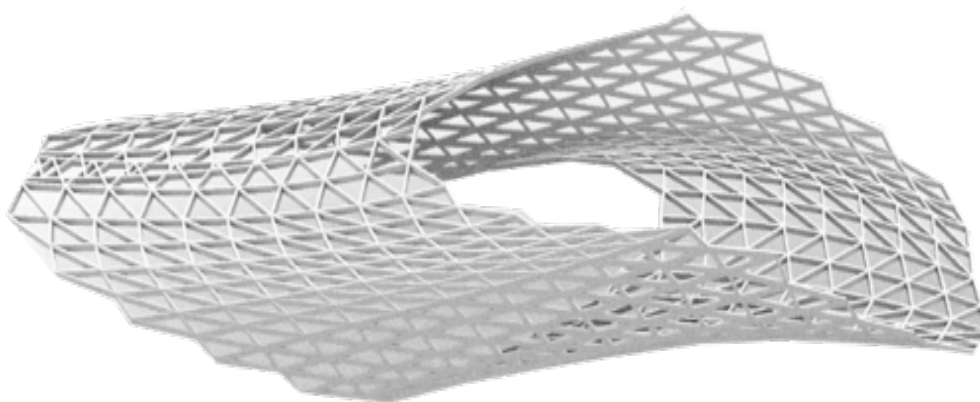


Ilustración 66. Localización de captadores de humedad  
Fuente: Elaboración de la autora

## 4.4 Impacto ambiental

Como proyecto tecnológico la base de la creación de una nueva producto es cubrir una necesidad; la cual es el caso es la obtención de agua de manera pasiva sin tener sistemas mecánicos y automatizados de por medio para no generar gastos energéticos, aunque no se excluye que para mejorar este modelo de envolvente arquitectónico puede acelerarse con energía eléctrica por medio de paneles solares menos contaminantes.

La realización de este proyecto es con materiales de bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida, de acuerdo con el libro de la cuna a la cuna de Michael Braungart y William McDonough; los proyectos y productos deben tener un regreso a la naturaleza sin perjudicarla. Esta placa que se propone es de aluminio, fabricada por material reciclado que también puede ser considerada como material reutilizable.

Tomando en cuenta que el término desarrollo sostenible (DS) (imagen 54) presentado en el informe de la Comisión Bruntland. Se define como "el proceso capaz de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras " (Naciones Unidas, 1987). En el se tienen factores económicos, sociales y ecológicos, si bien este proyecto contribuirá con los objetivos de desarrollo sostenible, para la obtención de agua, si perjudicar el medio ambiente.



Imagen 54. Desarrollo Sostenible  
Fuente: <https://profesormedina.files.wordpress.com/2013/06/desarrollo.jpg>

## Capítulo 5

# ESTUDIO DE CASO ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

## 5.1 Situación Hídrica



Ilustración 67 . Ubicación de Ensenada Baja California  
Fuente: <http://ensenadaresourceguide.com>

La Ciudad de Ensenada, posee un clima mediterráneo seco; las precipitaciones son escasas y se concentran en los meses más fríos, de noviembre a febrero, en los cuales la temperatura promedio es de 13 °C . Por otra parte, los meses más cálidos, de junio a septiembre, son también los más secos, y presentan una temperatura media de 22 °C.

Por su ubicación costera, la ciudad tiene un clima especialmente afectado por la corriente fría de California y por el hecho de que la temperatura oceánica alcanza sus máximos niveles estivales en agosto y septiembre, no en junio y julio como acontece en el interior de los continentes, debido al lento calentamiento que sufren las masas de agua con respecto a las terrestres. Es por este hecho que el final del verano y el principio del otoño es comúnmente la época más cálida de la ciudad (característica propia del clima mediterráneo, y en especial en su versión californiana).<sup>93</sup>

En la Tabla 11 podemos ver como han existido algunas variaciones de temperatura entre los meses del año por diferentes periodos.

Tabla 11. Temperatura media mensual de Ensenada

Temperatura media mensual en Ensenada (Grados Celsius)													
Estación	Período	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensenada	2015	15.4	17.1	17.9	17.4	17.7	20.5	23.0	23.8	25.3	22.7	17.1	13.8
Promedio	1984 a 2015	14.3	14.3	15.2	16.4	17.8	19.2	21.5	22.5	22.0	19.5	16.7	13.8
Año más frío	1999	13.1	12.6	12.3	13.6	16.1	17.5	20.8	20.2	20.0	19.5	15.6	13.8
Año más caluroso	1990	16.0	14.4	17.5	18.0	18.7	21.7	23.8	23.3	23.3	23.1	22.1	15.2

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California e INEGI

<sup>93</sup> Baja California Gobierno del estado, Ensenada Clima en [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/ensenada/clima.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/clima.jsp), parrafo 1, fecha de consulta 2019

El agua no puede considerarse abundante en la región, las sequías se presentan por temporadas largas. Y cuando ocurre que existan lluvias abundantes o regulares, se pierden por la falta de infraestructura para su retención, por consiguiente se realiza un escurrimiento directo al mar sin ser aprovechadas. Por lo tanto, el patrón estacional en Baja California, varía considerablemente de un año a otro, registrando períodos extremadamente lluviosos y otros severamente escasos con grandes consecuencias para las actividades socioeconómicas del municipio.

Existen 3 cuerpos de agua: La laguna escondida, la Presa Emilio López Zamora alimentada por el arroyo de Valle Verde y el tercer cuerpo es “la lagunita” ubicada al norte de la base aérea militar del Ciprés cuya importancia es de carácter ecológico. La fuente principal de suministro de agua al Estado de Baja California es a través del Río Colorado, el cual proviene de Estados Unidos (EUA) y entra a México a través de la línea fronteriza entre Baja California y Sonora. El cauce del Río Colorado conecta directamente a la ciudad capital Mexicali, requiriendo de la construcción de poco más de 300 Km de acueductos para llevar agua hacia la región de la Costa Oeste.<sup>94</sup>

En el caso particular de la Ciudad de Ensenada, los servicios de distribución y mantenimiento de las redes de agua de la ciudad están a cargo de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada. (CESPE). El desabasto de agua hizo crisis en el año 2014, cuando la CESPE llegó al extremo de suministrar agua por “tandas”, alternando sectores de la ciudad, dejando sin abasto a muchas familias por tres a cuatro días de la semana. En el 2015 la CESPE recurrió al reparto directo de agua en pipas. Diario seis pipas recorrieron diez colonias surtiendo agua potable, con un costo de \$30.00 pesos MN por llenar un tambo de 200 litros. Y en colonias que no llegaba este servicio, familias humildes gastaron un tercio de su salario en comprar de dos a tres garrafones de 19 litros de agua a la semana, pagando de \$8.00 a \$10.00 pesos por garrafón.

Por otro lado en el estado se cuenta con 25 plantas de agua que dan tratamiento a 4 mil 930 litros por segundo; tres de ellas están en Ensenada: El Sauzal, El Gallo y El Naranja, con un volumen tratado de 620 L/s, reutilizando el agua para los agricultores, y no para las viviendas.<sup>95</sup>

Mientras que el periódico Oficial Zeta de Tijuana publicó que la presa de Ensenada, Emilio López Zamora (imagen 55), es el reflejo del problema de desabasto de agua que existe en la ciudad debido a que el vaso está en su punto más crítico de sequía. Hasta principios de agosto, la CESPE todavía extrajo los últimos litros de agua para uso doméstico en las colonias cercanas. Ahora la presa luce casi vacía y con poca agua estancada.<sup>96</sup>

---

94 Baja California Gobierno del estado, Ensenada Clima en [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/ensenada/clima.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/clima.jsp), párrafo 1, fecha de consulta 2019

95 Periódico Excelsior, Crisis en Ensenada BC en <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2016/01/02/1066477>, Enero 2016. párrafo Fecha de consulta 2018

96 Periódico Oficial Tijuana Zeta, Publicación: Se agoto el agua de la presa en Ensenada en <https://zetatijuana.com/2015/08/se-agoto-el-agua-en-la-presa%E2%80%8F-de-ensenada/> - Agosto 2015, fecha de consulta 2017



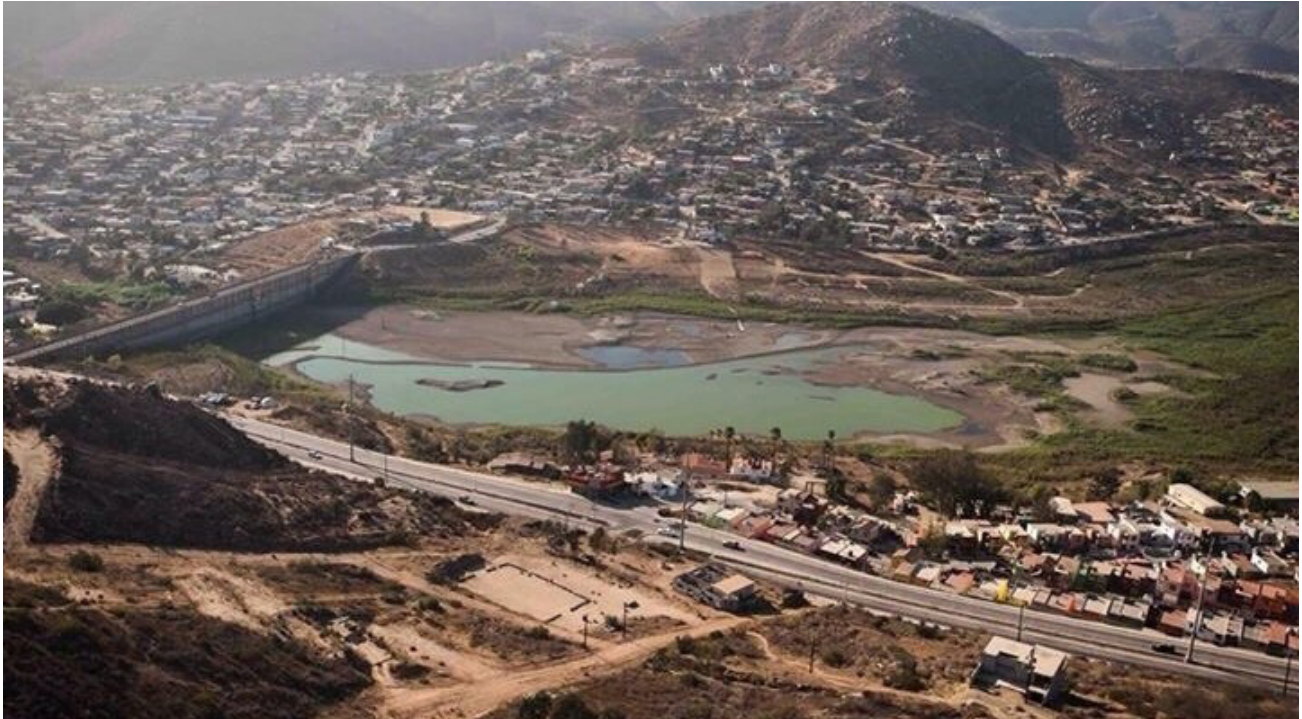


Imagen 55. Presa Emilio López Zamora  
Fuente: Ensenada.net

Para evitar la dependencia del suministro de agua de otros municipios, el Estado pretende resolver el problema a través de la construcción de una desalinizadora en Ensenada por una empresa privada con una inversión de 516 millones de pesos, operando en su primera etapa en el 2019. Dictaminó que con una capacidad para potabilizar 250 litros por segundo de agua marina, la planta desalinizadora resolverá un tercio de la demanda de agua y beneficiará a 96 mil habitantes de la ciudad en su primera etapa, pero está diseñada para producir en un futuro hasta 500 litros por segundo.

El Municipio de Ensenada requiere más de 800 litros de agua por segundo, pero sus fuentes de abasto actuales aportan solo 730 L/s, teniendo un déficit de 70 L/s que se duplica en el verano. La CESPE, actualmente suministra el metro cubico de agua potable con un costo de \$ 12.62 MN contrastando con el precio de venta de \$18.47 MN que la empresa desalinizadora considera cobrar , originando un incremento del 30% afectando, este hecho, a la economía familiar.

Analizando las condiciones de sequía que presenta la ciudad de Ensenada Baja California debido a su clima y la baja precipitación pluvial como lo vemos en las tabla 12. Por lo tanto, se propone obtener agua de la neblina, ya que es un fenómeno que sucede en Ensenada los meses de Noviembre a Febrero, como se aprecia en la imagen 56, y es posible captar ambos hidrometeros (lluvia y neblina).

Tabla 12. Precipitación total mensual de Ensenada

Precipitación total mensual en Ensenada (milímetros)													
Estación	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ensenada	2015	12.7	6.5	57.5	8.8	36.1	NS	0.00	0.00	8.8	14.6	11.9	45.6
Promedio	1984 a 2015	49.5	54.5	42.2	15.7	5.7	1.1	0.9	1.6	2.1	17.2	23.4	43.2
Año más seco	1989	28.8	11.0	34.2	3.5	0.5	0.0	0.0	0.0	2.9	6.5	0.0	13.9
Año más lluvioso	1998	34.5	237.6	93.3	31.6	24.9	0.0	0.0	4.0	0.3	1.8	24.2	16.9

Fuente: Gobierno del Estado de Baja California e INEGI



Imagen 56. Neblina en Ensenada  
Fuente Elaboración propia de la autora

## 5.2 Elaboración y aplicación de captador de humedad atmosférica.

En el capítulo 4 se analizaron dos modelos en el software Ansys Fluent, demostrando la eficiencia para la captación de humedad del aire para llegar al punto de rocío sobre la placa captadora; ese análisis se determinó con las propiedades físicas del material compuesto por dos placas de aluminio y un núcleo de polietileno de baja densidad, por lo tanto se realizaron los prototipos de los modelos para determinar la efectividad del captador, y ponerlos a prueba en la ciudad de Ensenada.

Las dimensiones propuestas son las siguientes: altura de 13 cm, base menor de 7 cm de diámetro y una base mayor de 15 cm de diámetro. El diseño del captador con base circular se muestra en las ilustraciones 68 y 69 con secciones para su fabricación y el diseño de base triangular en las ilustraciones 70 y 71.

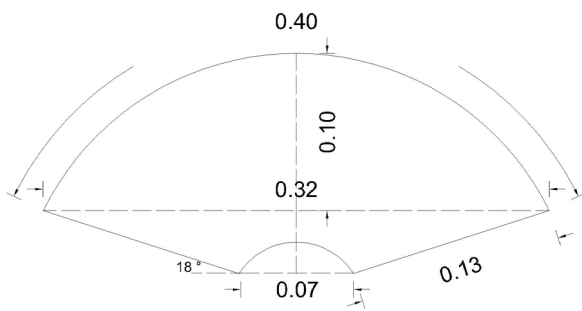


Ilustración 68. Diseño de Captador base octagonal  
Fuente: de la autora

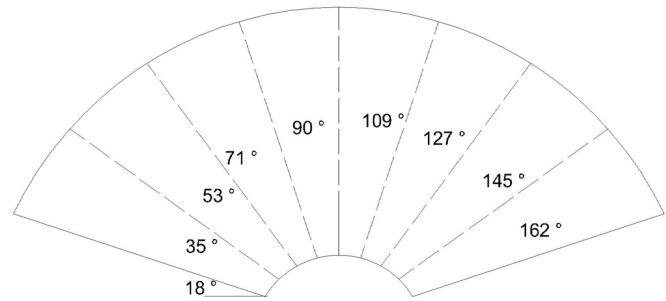


Ilustración 69. Divisiones de dobleces en ángulos  
Fuente: de la autora

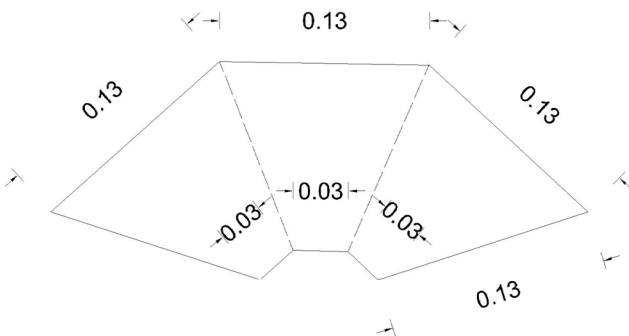


Ilustración 70. Diseño de Captador base triangular  
Fuente: Elaboración de la autora

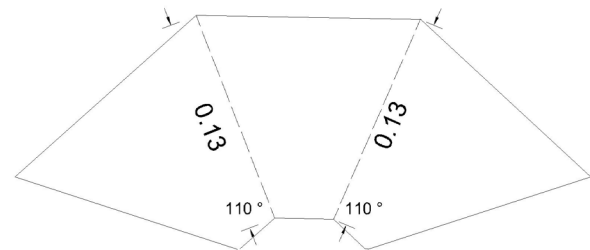


Ilustración 71. Alturas y ángulos de caras  
Fuente: Elaboración de la autora

Para tener un control de la cantidad de agua obtenida, fue necesario realizar un recipiente, nombrado placa base, elaborado con el mismo material de aluminio compuesto, representando la función de la cubierta base que escurre hacia el almacenamiento. Las dimensiones de esta placa base son de 15cm por 15 cm como se muestra en la ilustración 72.

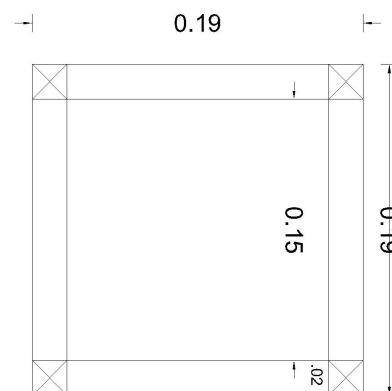
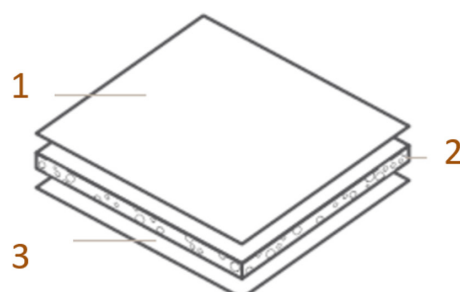


Ilustración 72. Placa base de material aluminio compuesto  
Fuente: Elaboración de la autora

El material utilizado fue de la marca Alu metal y tiene la siguiente composición.



Imagen 57. Aluminio compuesto Alu metal  
Fuente: <https://spanish.alibaba.com/g/aluminum-composite-panel-china.html>



1. Pintura lacada o acabado anodizado
2. Núcleo de Polietileno
3. Aluminio 4 mm

Ilustración 73. Composición de aluminio  
Fuente: <https://alucobond.com/products/alucobond-a2>

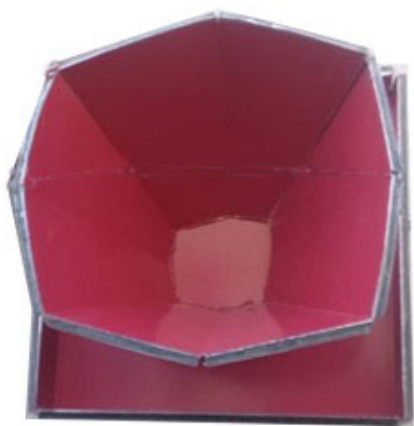


Imagen 58. Captador base octagonal  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 59. Captador base triangular  
Fuente: Elaboración de la autora



## 5.2.1 Resultados de captación

Los captadores fueron colocados en el exterior durante la noche por 10 días, recopilando los datos meteorológicos diariamente como se muestra en la tabla 12. Teniendo entre ellos días más favorables para la captación, la cual puede ser observada sobre los mismos captadores, en los que posteriormente se midió el agua obtenida en mililitros.

Las condiciones en las que fue captada el agua de neblina fueron idóneas en 3 días de las mediciones. La primera con una temperatura variable de 8° a 12°C durante la noche, humedad de 55% a 79 % y velocidad del viento de 20 km/h en promedio, debidamente colocado el captador con dirección frontal al este, obteniendo 5ml de agua de neblina sobre la base captadora de los dos prototipos como se muestra en la imagen 60.



Imagen 60. Obtención de agua  
Fuente: Elaboración de la autora

**REGISTRO DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS PARA OBTENCIÓN DE AGUA DE NEBLINA**

Día	Hora	Temperatura	Humedad	Velocidad del Viento	Dirección del Viento	Visibilidad Km	Presión atmosférica hpa	punto de rocío	orientación de captador	captación de neblina en ml	precipitación ml
1	10pm- 5 am	11° a 15°	44-63	16	noreste	11.26	1021	6	noreste	0	0
2	12pm- 5 am	9° a 12°	44-74	16	este	3.21	1015	-7	este	0	0
3	8 pm-5 am	8° a 12°	55-79	20	este	3.21	1017	12	este	5	0
4	11pm-7 am	8° a 10	25-62	21	noreste	15	1012	8	noreste	0	0
5	9am-7 am	9° a 11°	18-28	37	noreste	16	1023	-8	noreste	0	0
6	11pm-5 am	9° a 11°	31-69	16	noreste	16	1016	1	noreste	0	0
7	11pm-7 pm	10° a 13°	50-79	13	noreste	16	1017	10	noreste	0	1.3
8	10 pm-6 am	9° a 17°	40-69	26	este	11.3	1023	5	este	2	0
9	9 pm- 7 am	10° a 15°	53-76	26	este	16	1023	9	este	0	0
10	9 pm- 7 am	9° a 15°	53-82	27	este	15	1021	10	este	0	0

Tabla 13 . Registro de parámetros meteorológicos de 10 días entre Diciembre 2018 y Enero 2019  
Fuente: Resultados de mililitros de la autora, y datos de meteorológicos de <https://smn.conagua.gob.mx/es/pronostico-del-tiempo-por-municipios?LAT=31.85&LON=-116.59>



Durante el día 7 se captó precipitación de lluvia, en la cual se obtuvieron 20 mililitros del captador.



Imagen 61. Captación de lluvia sobre base captadora  
Fuente: Elaboración de la autora

El día 8, la captación del agua de neblina fue de 2 mL, como se muestra en las imágenes 62 y 63.



Imagen 62. Captación de agua sobre modulo  
Fuente: Elaboración de la autora

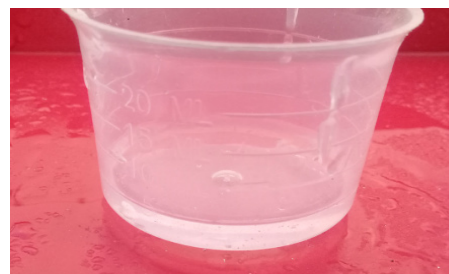


Imagen 63. Resultado de captación  
Fuente: Elaboración de la autora

El resultado al que se llegó una vez aplicado el prototipo en Ensenada Baja California fue la obtención de ciertos parámetros, que son importantes para lograr la obtención de agua con este medio natural. Si bien la humedad relativa entre 50 y 80 % es clave importante para el resultado; depende mucho de la velocidad del viento mayor de los 20 km/h y sobre todo de las bajas temperaturas que suceden en la noche fría, en este caso de la zona costera de municipio de Ensenada, ya que de seguir bajando la temperatura durante la noche las partículas húmedas en el ambiente se acumulan cambiando de estado, como rocío sobre el material de aluminio.

## 5.2.2 Calidad de agua de muestras obtenidas

Una vez que obtuvimos el agua se realizó un ensayo en el laboratorio en el Centro Tecnológico de la FES Aragón UNAM para Determinar la Demanda Química de Oxígeno en (DQO). Esta prueba se basa en la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica, presente en las muestras de agua, que con dicromato de potasio y ácido sulfúrico sometidos a 115° C. se obtiene cantidad de materia oxidable, arrojándonos el oxígeno equivalente y proporcional al oxígeno consumido.

El equipo y herramientas utilizados fueron los siguientes: muestras de agua, pipeta volumétrica, bomba manual, espectrofotómetro, termoreactor, vibrador magnético y viales de digestión de 3-150 mg/L DQO.

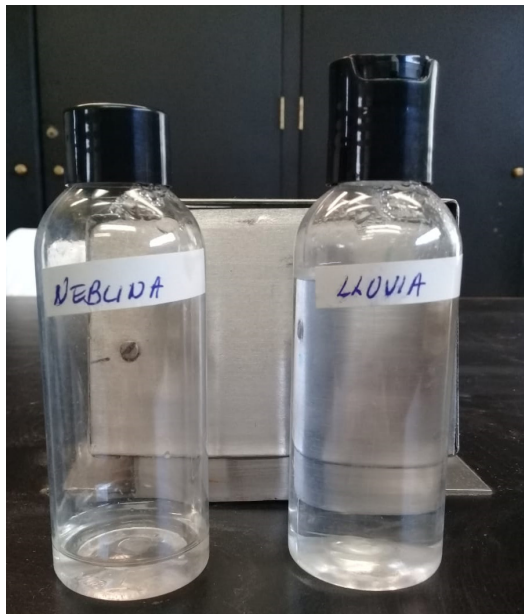


Imagen 64. Muestras obtenidas de agua, lado derecho lluvia, lado izquierdo neblina  
Fuente: Elaboración de la autora

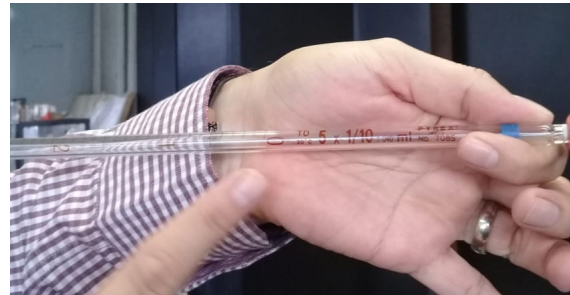


Imagen 65. Pipetas volumétricas  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 66 .Espectrofotómetro  
Fuente:[www.onelab.com.ar/espectrofotometro-uv-visible-portal-hach-dr3900](http://www.onelab.com.ar/espectrofotometro-uv-visible-portal-hach-dr3900)



Imagen 67. Bombas manuales para pipetas  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 68. Termoreactor  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 69. Agitador magnético  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 70. Viales de digestión  
Fuente: Elaboración de la autora

El procedimiento para la Medición del DQO. due el Método 8000 del Manual de Instrucciones HACH DR/2400.

1. Encender el termoreactor de DQO y precalentar a 150 °C. (Imagen 71)
2. Homogenizamos la muestra en el agitador magenetic.
3. Remover la tapa de vial de reactivo de digestión de DQO del intervalo 3-150 mg/L(rango bajo), sostener el vial en un ángulo de 45 grados. Pipeteamos 2.00 mL de la muestra de agua de neblina dentro del vial.(Imagen 72 y 73 )
4. Sostener el vial por la tapa y colocar sobre el agitador magnético, por un tiempo de 5 segundos por dos inetervalos para mezclar el contenido.(Imágenes 74 )
- 5.Preparamos una muestra control repitiendo los pasos del 2 al 4, substituyendo 2.00 mL con agua desionizada y otra de agua de lluvia para la muestra.
6. Colocamos los viales en el reactor DQO precalentado.(Imagen 75 )
7. Calentamos los viales por 2 horas.





Imagen 71. Esperar el calentamiento del termoreactor  
Fuente: Elaboración de la autora

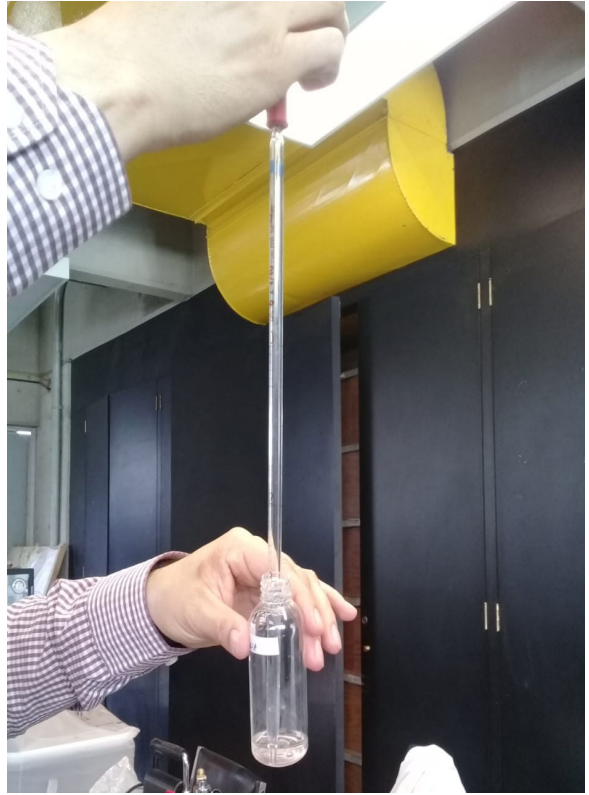


Imagen 72. Tomar 2ml de muestra de agua  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 73. Colocación de muestra de agua sobre vial  
Fuente: Elaboración de la autora

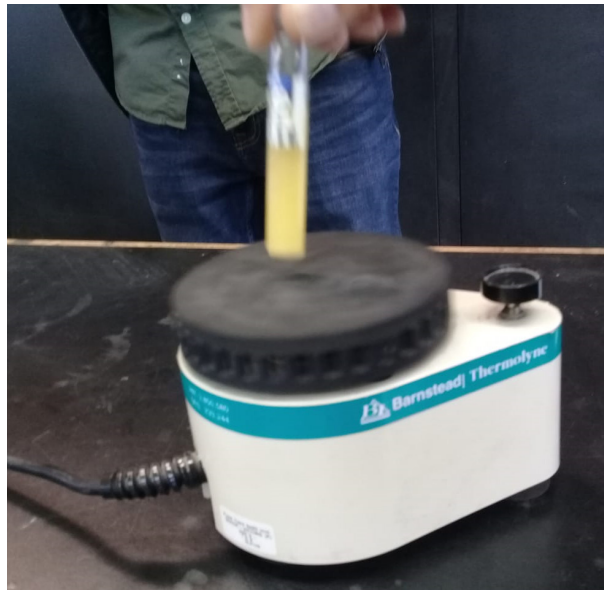


Imagen 74. Aguitar muestreo  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 75. Colocar viales de digestión en termoreactor  
Fuente: Elaboración de la autora



Imagen 76. Enfrir muestras  
Fuente: Elaboración de la autora

8. Apagamos el reactor. Invertimos cada vial por un tiempo mientras aún esta caliente. Esperamos cerca de 20 minutos hasta que el reactor llegue a enfriar los viales a 120 °C o menos.

9. Esperamos hasta que los viales se enfríen a temperatura ambiente. (imagen 76)

10 Se coloca el blanco dentro del adaptador con el revestimiento del logo Hach al frente del instrumento. Se cierra el escudo de luz y se presiona suavemente hacia abajo la tecla ZERO. La pantalla muestra: 0.0 mg/L DQO.

11. Posteriormente, se coloca el vial que contiene la muestra de agua de neblina dentro del adaptador con el revestimiento del logo Hach al frente del instrumento. Se cierra el escudo de luz. Se presiona suavemente la tecla READ. Los resultados en mg/L DQO serán mostrados (imagen 78).

12. Luego se procede a anotar la lectura del instrumento en mg/L de DQO.

13. Se repite el procedimiento del 11 al 12 con el vial que contiene la muestra de agua de lluvia.

14. Finalmente, de analizon los datos tomados.





Imagen 77. Colocar viales de digestión en espectrofotómetro  
Fuente: Elaboración de la autora

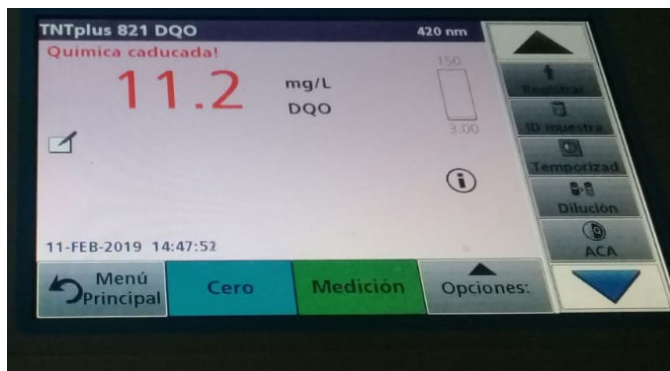


Imagen 78. Resultados en mg/L DQO de agua de lluvia  
Fuente: Elaboración de la autora

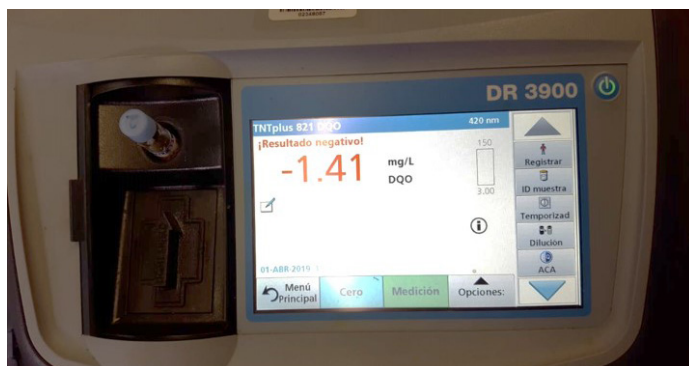


Imagen 79. Resultados en mg/L DQO de agua de neblina  
Fuente: Elaboración de la autora

Los resultados del agua de lluvia fueron de 11.2 mg/L DQO mientras que el resultado de la cantidad de oxígeno para la materia orgánica del agua de neblina es menor que el 3 mg/L de DQO.

el resultado de que el agua de lluvia contenga más materia orgánica se debe a que arrastra partículas desde una altura más alta a diferencia de la neblina que se genera mayormente en la noche y se encuentra suspendida en una altura menor que las nubes que precipitan y generan la lluvia.

Con estas pruebas se ha comprobado que el agua de neblina y lluvia en Ensenada Baja California se encuentra dentro del parámetro aceptable como se mostró en la página 60.

Esta recolección puede tener uso en las actividades del ser humano. De requerir ingerirla se ocuparía un filtro de carbón activado disponible en el grifo para mejorar su calidad, como se explicó en la página 53.

Sin embargo, como en muchas otras regiones, es indispensable un monitoreo de las condiciones ambientales para determinar la factibilidad constantemente.

## Conclusiones y consideraciones

La incorporación de un colector de humedad atmosférica en lugares de baja precipitación pluvial es una alternativa, ya que en esta investigación se demostró por medio de una simulación, el análisis y efectividad de la forma cónica para la concentración de partículas de humedad dentro de él, generando idealmente la condensación y posteriormente, la dispersión de forma líquida de estas partículas.

Una vez aplicado el prototipo en Ensenada Baja California se determinaron ciertos parámetros, si bien la humedad es clave importante para el resultado, depende mucho de la velocidad del viento y sobre todo, de las bajas temperaturas que suceden en la noche fría, en este caso de la zona costera de municipio de Ensenada.

Otro de los puntos a rescatar que se observaron, es la orientación de los captadores, debido a que el tipo de material utilizado suele rápidamente a evaporarse al aumentar su temperatura al salir el sol, por lo tanto, es recomendable cuidar la orientación y pendiente de la cubierta- envolvente para que tenga un flujo frecuente sobre el material del agua que fue generada.

Las consideraciones a tomar en cuenta en el proceso de diseño son: que el mismo proceso de diseño sera modificado según la aplicación del objeto, en el caso de una edificación es necesario considerar vanos de puertas, ventanas, así como instalaciones.

La innovación tecnológica y la incorporación de distintos campos de investigación nos ha permitido visualizar la posibilidad de trabajar, no solamente con la inspiración de la naturaleza, sino con materiales compuestos de fibras naturales y nuevos sistemas de construcción con un ensamble de estructura de fácil materialización. En este caso se utilizó un aluminio compuesto el cual es un material reciclable y el impacto hacia el medio ambiente no es de gran escala en su utilización.

Una de las grandes aportaciones de esta investigación es cómo se fueron ligando distintos campos de conocimiento, para tomar en cuenta el diseño del captador, desde aplicaciones de la termodinámica, sistemas matemáticos para la optimización de la forma y herramientas digitales que favorecen la visualización de un objeto antes de su construcción.

Estas distintas disciplinas se fueron aportando sus distintos procesos de diseño, por lo tanto existe aún más posibilidad de investigación. Primeramente en la rama de la biomimética por la cual sería interesante seguir la investigación en especies de la naturaleza y su capacidad de absorción del agua existente en el ambiente en el que se sitúan, esto con el apoyo de biólogos para el exportación de su comportamiento ante eventos de escases de agua, así como sus formas de organización de las entidades biológicas, abriendo un abanico de posibilidades en los procesos de diseño.

Los softwares utilizados fueron herramientas que dan un campo amplio de exploración de análisis de formas, existe posibilidad de explorar con otros materiales para obtener mejores resultados en la obtención de agua, así como de distintos procesos de limpieza del agua obtenida del ambiente.

# Bibliografía

- Gallego Sergio, *Climatología y Meteorología* en <https://www.meteorologiaenred.com/diferencia-entre-tiempo-y-clima.html>, parrafo 3, fecha de consulta 2017.
- Maña y Balmacesa, *El desarrollo de un diseño industrial 1990* , fecha de consulta 2019
- Natalia Llorente, et.al " *El agua, recurso limitado. Sequía, desertificación y otros problemas*, *Estudios de Política Exterior Fundación Ecológica y Desarrollo (Coord.)* 2003 pag. 25
- Ordoñez Gálvez J. Julio, *Ciclo Hidrológico, Foro Peruano para el Agua GWP Perú, 2011*, pdf , pag 7, fecha de consulta 2017
- Portillo Germán. Mayo 2017 " *Capas de la Atmósfera*" en <https://www.meteorologiaenred.com/capas-atmosfera.html>, parrafo no. 9 fecha de consulta 2017.
- Rodríguez J. Rosa María, et al, " *Meteorología y Climatología*" *FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología)* 2004, pdf pag.6, fecha de consulta 2017.
- Sánchez Monica 2016 en [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com), parrafo 3, fecha de consulta 2018
- Winter, T. et. al. *Ground water and surface water a single resourse. U.S. Geological Survey Circular 1139. U.S. Gover nment Printing Office.2002*, pag 69
- Adler, FJ. *Los embalses y los recursos hídricos superficiales. Argentina. Ciencias Exactas y Tecnología, 2006* pag 51, fecha de consulta 2018
- *Enciclopedia Ilustrada de Ciencias de la Naturaleza , Tiempo y Clima Time Life Learning 1998*
- Fuentes Jose Luis, *Iniciacion a la Meterorologia y Climatologica Edicion Mundi-Presa Madril España, 2000*, pag. 59, parrafo 3 fecha de consulta 2018
- Gleick, P.H. 1993. " *Water and conflict: Fresh water resources and international security.*" *International Security* 18, Vol. 1, pag112
- Lugo Salazar Héctor, *Un enfoque sistémico social y para la planeación del agua, Instituto Politécnico Nacional, México D.F 2006*, fecha de consulta 2018
- Malinow, W. *Presas de embalse y el reparo de las comunidades, ¿cómo superarlos?* In. *VI Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos. Neuquén, AR. VICAPYAH, Comité Argentino de Presas. sp. 2010*
- Rolfe Kurt C., *Termodinámica Pearson Education, México 2006*, pag 1, fecha de consulta 2018.
- Sánchez Cifuentes Augusto, *Captadores de Humedad, Universidad Nacional Autónoma de México, 2014*

## Paginas de Internet

- Acuae fundation <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/datos-del-agua/glaciares-par-te-esencial-del-ciclo-del-agua/>, parrafo 4 fecha de consulta 2018
- Ambientum, Consumo de agua per capita en [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/el-consumo-de-agua-en-porcentajes.asp), parrafo 6 , fecha de consulta 2018.
- Arch20, Shellstar Pavilion | MATSYS en <https://www.arch2o.com/shellstar-pavilion-matsys/>, fecha de consulta 2019
- Baja California Gobierno del estado, Ensenada Clima en [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/ensenada/clima.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/ensenada/clima.jsp), parrafo 1, fecha de consulta 2019
- Biblioteca digital, Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, El agua en nuestro planeta en [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec\\_5.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/102/html/sec_5.html). parrafo 32. Fecha de consulta 2018.
- Biomimetics Sciences Institute en <http://www.biomimeticsciences.org/es/aplicaciones-arquitectura/>, fecha de consulta 2019
- Cereceda Pilar et al, "Agua de Neblina Nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable" en <http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>, fecha de consulta 2019
- Comunidad planeta azul , Agua y civilizaciones antiguas comunidadplanetaazul.com, fecha de consulta 2018
- CONAGUA, Visión general del agua en México, en Atlas del Agua Diciembre de 2015 [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx), fecha de consulta 2018
- Demanda Química de Oxígeno en <https://agua.org.mx/glosario/demanda-quimica-de-oxigeno-dqo/>, fecha de consulta 2018
- Discovery, El efecto fohen en <http://www.discovery-8.com/el-efecto-fohen/> fecha de consulta 2018
- Douglas Jesse, Solution of the problem of Plateau pdf , parrafo 1 en <https://pdfs.semanticscholar.org/a271/4f387c78bbe0bf448f7f6e5676b15aab0a17.pdf>
- Earthgonomic, Conoce los beneficios de los filtros de agua en <http://earthgonomic.com/noticias/conoce-los-beneficios-de-los-filtros-de-agua/> fecha de consuta 2019
- Eco inventos green technology en <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>
- Enciclopedia Britanica, Plateau Problem en <https://www.britannica.com/science/Plateau-problem>
- Enrique Rocha Rangel et al, Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza en <https://investigacion.uaa.mx/RevistalyC/archivo/revista55/Articulo%207.pdf>, fecha de consulta 2019
- Expansión, México- Población, en <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/mexico>, fecha de consulta 2018
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C , <https://agua.org.mx/que-es/> parrafo 1, fecha de consulta 2017.
- INEGI <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=-me&e=09>, parrafo 1, fecha de consulta 2018



- INEGI [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218\\_2.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218_2.pdf) pagina 79, parrafo 2, fecha de consulta 2018
- Isla Urbana en <http://islaurbana.org/sistemas-de-ciudad/>,
- Janine Benyus 1997 en <https://biomimicry.org/janine-benyus/first-chapter-biomimicry-innovation-inspired-nature/>, fecha de consulta 2019
- La información, El “banco de rocío”, un forma inteligente de recoger agua potable en [blogs.lainformacion.com/futuretech/2010/07/07/rocio/](https://blogs.lainformacion.com/futuretech/2010/07/07/rocio/),
- LA Network, Recuperar los ríos de las ciudades, una prioridad mundial en <https://la.network/rios/?fbclid=IwAR17IfnTPEmwyQ9MiXR7SWaBVncxqgvirrLufqncZ9Aa9x1a8K8iBQ7OSys>
- La Vanguardia, Un dispositivo para transforma el aire en agua a bajo coste, <https://www.lavanguardia.com/natural/si-existe/20181025/452543992574/dispositivo-wedew-convertir-aire-agua-potable-premio-xprize.html>
- Majik Water en <http://www.majikwater.co/>,
- Mas de Mx en <https://masdemx.com/2017/07/captacion-de-lluvia-mexico-tlaloque-isla-urbana/>
- Meteorología en Red , ¿Qué es la presión atmosférica y cómo funciona? en [www.meteorologiaenred.com/presion-atmosferica.html](http://www.meteorologiaenred.com/presion-atmosferica.html) Parrafo 3 , fecha de consulta 2018.
- Michelle Douglass, Edificios inspirados en la Naturaleza en [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150918\\_vert\\_earth\\_edificios\\_naturaleza\\_yv](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/09/150918_vert_earth_edificios_naturaleza_yv), fecha de consulta 2019
- Naukas, Sobre abejas, matemáticas y pompas de jabón en <https://naukas.com/2017/03/29/sobre-abejas-matematicas-y-pompas-de-jabon/>, parrofo 4, fecha de consulta 2019
- Newsweek, México está entre los cinco países con mayor consumo de agua en <https://newsweekspanol.com/2018/09/mexico-esta-entre-los-cinco-paises-con-mayor-consumo-de-agua/> fecha de consulta 2018
- ONU Departamento de asuntos económicos y sociales, La población mundial aumentará en <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>, parrafo 12
- ONU Departamento de asuntos económicos y sociales, el derecho humano al agua y saneamiento [https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- ONU medio ambiente, El agua está en el aire en <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/reportajes/el-agua-esta-en-el-aire>
- Origen del Agua en la tierra 2014 [bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/oceanografia-fisica/origen-del-agua-en-la-tierra/](http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/ciencias-de-la-tierra/oceanografia-fisica/origen-del-agua-en-la-tierra/) parrafo 5, fecha de consulta 2017.
- Pedro Fernández Diciembre 2018 <https://cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/>, parrafo 3, F.C 2018
- Periódico Excelsior , Crisis en Ensenada BC en <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2016/01/02/1066477>, Enero 2016. parrafo Fecha de consulta 2018
- Periódico Oficial Tijuana Zeta, Publicación: Se agoto el agua de la presa en Ensenada en <https://zetatijuana.com/2015/08/se-agoto-el-agua-en-la-presa%E2%80%8F-de-ensenada/> -
- Red Automática de Monitores Atmosférico de la ZMVT en [http://rama.edomex.gob.mx/que\\_es\\_red](http://rama.edomex.gob.mx/que_es_red), parrafo 1, fecha de consulta 2018.

- Sistemas hidráulicos incas en <https://hidraulicainca.com/acerca-de/sistemas-hidraulicos-pre-incas-e-incas/>, párrafo 8
- Soap Film Geometry Minimal Surfaces and Isoperimetric Problems in Mathematics en <http://pi.math.cornell.edu/~meadows/create/>
- Tipos de climas en <https://www.geoenciclopedia.com/tipos-de-clima/>, párrafo 5, fecha de consulta 2018
- Tu tiempo Network, S.L. Hidrometero en <https://www.tutiempo.net/meteorologia/diccionario/hidrometeoro.html>, párrafo 1, fecha de consulta 2018
- Veiga Enrique Aquaer generator 2004 aquaer.com Sevilla España, fecha de consulta 2018
- Vittori Arturo ,Warka water 2018 [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org), fecha de consulta 2018

## Índice de Siglas

UNESCO	Organización de las Naciones para la Educación la Ciencia y La cultura
ONU	Organización de la Naciones Unidas
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
RH	Regiones hidrológicas
IMITA	Instituto Mexicano de Tecnología
AHA	Archivo Histórico de Agua
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
USGS	Servicio Geológico de los Estado Unidos.(U.S. Geological Survey -USGS)
UNICEF	El Fondo de las Naciones Unidas para la infancia
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CESPE	Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM	Partículas suspendidas
FOA	La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

## Índice de Tablas

**Tabla 1.** Variables Meteorológicas *Fuente: Rodríguez J. Rosa María, et al, "Meteorología y Climatología" FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) 2004, pdf pag.6, fecha de consulta 2017.*

**Tabla 2.** Tipos de neblina *Fuente: Gunter D. Roth , Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos , Ediciones Omega S.A., Barcelona, 2003, pag.94*

**Tabla 3.** Distribución porcentual por grupo de climas *Fuente: INEGI Dirección general de Geografía y Medio ambiente*

**Tabla 4.** Grupo de Climas, intervalos de temperatura media anual y de precipitación total anual de las entidades federativas. *Fuente: INEGI*

**Tabla 5.** Orden de porcentaje de existencia de agua en la tierra *Fuente: www.gwp.org*

**Tabla 6.** Crecimiento de la población en México *Fuente: https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/mexico*

**Tabla 7.** Países del mundo con mayor extracción de agua y porcentaje agrícola, industrial y abatecimiento público (urbano) *Fuente: http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo\_8.pdf pag 119*

**Tabla 8.** Indicadores de carencias social entre el 2008 a 2016 *Fuente: INEGI*

**Tabla 9.** Escala de calidad de agua DQO *Fuente: Lugo Salazar*

**Tabla 10.** Diferenciaciones de proceso de captación *Fuente: Elaboración de la autora*

**Tabla 11.** Precipitación total mensual de Ensenada *Fuente: Gobierno del Estado de Baja California e INEGI*

**Tabla 12.** Temperatura media mensual de Ensenada *Fuente: Gobierno del Estado de Baja California e INEGI*

**Tabla 13.** Registro de parámetros meteorológicos de 10 días entre Diciembre 2018- Enero 2019 *Fuente: Elaboración de la autora , Registro de parámetros meteorológicos de 10 días entre Diciembre 2018 y Enero 2019 Fuente: Resultados de mililitros de la autora, y datos de meteorológicos de https://smn.conagua.gob.mx/es/pronostico-del-tiempo-por-municipios?LAT=31.85&LON=-116.59*

# Indice de Imágenes

- Imagen 1.** San Francisco Golden Gate Procesos de ciclo del agua *Fuente:* [http://www.tiempohoy.es/nc/es/home/tiempo/noticias-del-tiempo/noticias-del-tiempo/article/nieblas\\_tipos\\_y\\_formacion.html](http://www.tiempohoy.es/nc/es/home/tiempo/noticias-del-tiempo/noticias-del-tiempo/article/nieblas_tipos_y_formacion.html)
- Imagen 2.** Mérida Yucatán Paisaje de glaciares *Fuente:* [Carlos Benito cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/](http://CarlosBenito.cazatormentas.com/nieblas-de-adveccion-y-radiacion/)
- Imagen 3.** Escarcha en vegetación *Fuente:* [www.rumtor.com/escarchas.html](http://www.rumtor.com/escarchas.html)
- Imagen 4.** Helada sobre alambre de puas *Fuente:* [www.rumtor.com/heladas.html](http://www.rumtor.com/heladas.html)
- Imagen 5.** Niebla Helada en el Bosque *Fuente:* [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com)
- Imagen 6.** Lluvia *Fuente:* [www.muyinteresante.es](http://www.muyinteresante.es)
- Imagen 7.** Nevada *Fuente:* <https://www.lugaresdenieve.com/?q=es/noticia/imagenes-nevada-martes-23-abril-sierra-nevada>
- Imagen 8.** Granizo sobre vereda *Fuente:* <https://www.dallasnews.com/espanol/al-dia/dallas-fort-worth/2019/04/17/dallas-anticipan-tormentas-con-granizo-el-miercoles/>
- Imagen 9.** Nube Cumuliformes *Fuente:* [www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tiposde-nubes-y-prediccion-del-tiempo/](http://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tiposde-nubes-y-prediccion-del-tiempo/)
- Imagen 10.** Nube Estratiformes *Fuente:* [educacion.uncomo.com/articulo/tipos-de-nubes-y-sus-caracteristicas-17407.html](http://educacion.uncomo.com/articulo/tipos-de-nubes-y-sus-caracteristicas-17407.html)
- Imagen 11.** Nubes Cirriformes *Fuente:* [www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tiposde-nubes-y-prediccion-del-tiempo/](http://www.lacumbreonline.cl/blog/consejos/tiposde-nubes-y-prediccion-del-tiempo/)
- Imagen 12.** Tipos de nubes *Fuente:* <https://www.astromia.com/tierraluna/nubes.htm>
- Imagen 13.** Clima tropical *Fuente:* [www.clima-de.com](http://www.clima-de.com)
- Imagen 14.** Clima Seco *Fuente:* *Blog Miguell Angel Veras*
- Imagen 15.** Clima Mediterráneo *Fuente:* *Elaboración de la autora*
- Imagen 16.** Clima Continental *Fuente:* [www.lostipos.net](http://www.lostipos.net)
- Imagen 17.** Clima Polar *Fuente:* [www.meteorologiaenred.com](http://www.meteorologiaenred.com)
- Imagen 18.** Clima de Tierras altas *Fuente:* [pxhere.com](http://pxhere.com)
- Imagen 19.** Paisaje de Glaciares *Fuente:* [www.lmneuquen.com](http://www.lmneuquen.com)
- Imagen 20.** Sistema Hidráulico región Cusco *Fuente:* [https://hidraulicainca.com/?fbclid=IwAR1-kP378HN2OGigLC8Q-bsma\\_vy9LFjfCD3DZzTGOYq1Nk\\_ppnKApGOvg](https://hidraulicainca.com/?fbclid=IwAR1-kP378HN2OGigLC8Q-bsma_vy9LFjfCD3DZzTGOYq1Nk_ppnKApGOvg)
- Imagen 21.** Condensación en hoja *Fuente:* [pxhere.com](http://pxhere.com)
- Imagen 22.** Macrodiamante 1970 diseñado por el Profesor Carlos Espinosa *Fuente:* *P. Cereceda*
- Imagen 23.** Malla sombra (atrapanieblas) *Fuente:* *Makia.la*
- Imagen 24.** Prototipo de malla sombra P1 a la izquierda y P2 a la derecha *Fuente:* *Sánchez Cinfuentes Augusto*
- Imagen 25.** Prototipo de malla sombra P3 *Fuente:* *Sánchez Cinfuentes Augusto*
- Imagen 26.** Materiales para torre Warka *Fuente:* [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)
- Imagen 27.** Proyecto Etiopía warkawater *Fuente:* [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)
- Imagen 28.** Malla de polipropileno *Fuente:* [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)
- Imagen 29.** Aquaer Generator *Fuente:* [aquaer.com](http://aquaer.com)
- Imagen 30.** Esponjas de mar *Fuente:* <https://www.dondevive.org/esponja-mar/>
- Imagen 31.** Edificio Eastgate *Fuente:* <http://www.mickpearce.com/Eastgate.html>
- Imagen 32.** Torre de Tierra por termitas *Fuente:* [http://wp.cienciaycimiento.com/wp-content/uploads/2013/04/245px-Termite\\_Cathedral\\_DSC03570.jpg](http://wp.cienciaycimiento.com/wp-content/uploads/2013/04/245px-Termite_Cathedral_DSC03570.jpg)
- Imagen 33.** Imagen 32 Proceso de elaboración de seda *Fuente:* [https://www.ted.com/talks/neri\\_oxman\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology#t-240385](https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology#t-240385)
- Imagen 34.** Modelos para análisis *Fuente:* *Elaboración de la autora*
- Imagen 35.** Indicar inyección sobre superficie *Fuente:* *Elaboración de la autora*
- Imagen 36.** Elección de material aire *Fuente:* *Elaboración de la autora*
- Imagen 37.** Elección de material aluminio *Fuente:* *Elaboración de la autora*
- Imagen 38.** Elección de material polietileno *Fuente:* *Elaboración de la autora*

- Imagen 39.** Elección de material agua líquida Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 40.** Condiciones de operación Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 41.** Frontera de entrada Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 42.** Frontera de paredes de cono Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 43.** Frontera de pared posterior Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 44.** Frontera de salida de presión Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 45.** Panal de abejas Fuente: <https://www.gob.mx/sader/es/articulos/los-productos-de-la-colmena>
- Imagen 46.** Pompa de jabón Fuente: [https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/2048px-Bubble\\_3.jpg](https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/2048px-Bubble_3.jpg)
- Imagen 47.** Conjunto de pompas de jabón Fuente: [https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/Cosmic\\_soap\\_bubbles\\_God\\_takes\\_a\\_bath\\_612350664.jpg](https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/Cosmic_soap_bubbles_God_takes_a_bath_612350664.jpg)
- Imagen 48.** Composición de panal de abejas Fuente: <https://naukas.com/fx/uploads/2017/03/rsif20130299-g1.jpg>
- Imagen 49.** Representación de superficie mínima Fuente: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/B/bubbles.html>
- Imagen 50.** Pabellón de Alemania 1967 Arq. Frei Otto Fuente: <https://www.archdaily.mx/mx/768540/clasicos-de-arquitectura-pabellon-aleman-expo-67-frei-otto-rolf-gutbrod>
- Imagen 51.** Pabellón Shellstar Fuente: <https://www.arch2o.com/shellstar-pavilion-matsys/>
- Imagen 52.** Rocas con musgos Fuente: <https://pixnio.com/es/paisajes/costa-es/naturaleza-costa-oceano-naturaleza-paisaje-rocas-costa-niebla-neblina-piedras-verde-mar>
- Imagen 53.** Catenoide en forma de jabón Fuente: <https://kankaluya.matem.unam.mx/superficiesminimas/catenoide.pdf>
- Imagen 54.** Desarrollo Sostenible Fuente: <https://profesormedina.files.wordpress.com/2013/06/desarrollo.jpg>
- Imagen 55.** Presa Emilio López Zamora Fuente: *Ensenada.net*
- Imagen 56.** Neblina en Ensenada Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 57.** Aluminio compuesto Alumetal Fuente: <https://spanish.alibaba.com/g/aluminum-composite-panel-china.html>
- Imagen 58.** Captador base octagonal Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 59.** Captador base triangular Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 60.** Obtención de agua Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 61.** Captación de lluvia sobre base captadora Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 62.** Captación de agua sobre módulo Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 63.** Resultado de captación Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 64.** Muestras obtenidas de agua, lado derecho lluvia, lado izquierdo neblina Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 65.** Pipetas Volumétricas Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 66.** Espectrofotómetro Fuente: [www.onelab.com.ar/espectrofotometro-uv-visible-portatil-hach-dr3900](http://www.onelab.com.ar/espectrofotometro-uv-visible-portatil-hach-dr3900)
- Imagen 67.** Bombas manuales para pipetas Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 68.** Termoreactor Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 69.** Agitador magnético Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 70.** Viales de digestión Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 71.** Esperar el calentamiento del termoreactor Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 72.** Tomar 2ml de muestra de agua Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 73.** Colocación de muestra de agua sobre vial Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 74.** Agitar muestreo Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 75.** Colocar viales de digestión en termoreactor Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 76.** Enfriar muestras Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 77.** Colocar viales de digestión en espectrofotómetro Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 78.** Resultados en mg/L DQO Fuente: *Elaboración de la autora*
- Imagen 79.** Resultados en mg/L DQO de agua de neblina Fuente: *Elaboración de la autora*



# Indice de Ilustraciones

- Ilustración 1.** Capas de la atmósfera *Fuente:* [https://www.correodelmaestro.com/publico/html5102016/capitulo1/La\\_atmosfera\\_terrestre\\_su\\_importancia\\_para\\_la\\_preservacion\\_de\\_la\\_vida.html](https://www.correodelmaestro.com/publico/html5102016/capitulo1/La_atmosfera_terrestre_su_importancia_para_la_preservacion_de_la_vida.html)
- Ilustración 2.** Composición molecular del agua *Fuente:* de la autora
- Ilustración 3.** Porcentajes de agua en la tierra *Fuente:* <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- Ilustración 4.** Fases del agua *Fuente:* <https://agua.org.mx/que-es/>
- Ilustración 5.** Mapa de Climas en el mundo *Fuente:* Ilaria Mazzoleni *Ilaria Architecture Follows Nature Biomimetic*
- Ilustración 6.** Mapa de Climas de México *Fuente:* INEGI
- Ilustración 7.** Clima en la Ciudad de México *Fuente:* INEGI
- Ilustración 8.** Efecto Fohen *Fuente:* <http://www.discovery-8.com/el-efecto-fohen/>
- Ilustración 9.** Circulación del Viento *Fuente:* <http://www.aprendeconenergia.cl/el-viento-infinita-fuerza-energetica/>
- Ilustración 10.** Procesos del ciclo del agua . *Fuente:* Servicio Geológico de los Estado Unidos.(U.S. Geological Survey -USGS)
- Ilustración 11.** Porcentajes de agua dulce y salada en la tierra *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 12.** Mapa de Primeras civilizaciones *Fuente:* [www.vcastello.wordpress.com](http://www.vcastello.wordpress.com)
- Ilustración 13.** Diseño de canales para dirigir agua del río *Fuente:* <https://www.slideshare.net/Sergio-GA82/1-eso-tema-10-primeras-civilizaciones-mesopotamia-y-egipto-76123250>
- Ilustración 14.** Acueductos Romanos *Fuente:* [www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201411/acueductos-romanos-ingenier%C3%ADa/](http://www.jw.org/es/publicaciones/revistas/g201411/acueductos-romanos-ingenier%C3%ADa/)
- Ilustración 15.** Tipos de presas *Fuente:* [www.ingecivil.net](http://www.ingecivil.net)
- Ilustración 16.** Gráfica de estimación de crecimiento de población *Fuente:* ONU en [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/10/111026\\_poblacion\\_informe\\_am](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/10/111026_poblacion_informe_am)
- Ilustración 17.** Crecimiento de la población *Fuente:* United Nations Population Division en [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_Wallchart.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_Wallchart.pdf)
- Ilustración 18.** Proyección de crecimiento de población *Fuente:* United Nations Population Division en [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017\\_Wallchart.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_Wallchart.pdf)
- Ilustración 19.** Países del Mundo con Mayor consumo per capita *Fuente:* <https://newsweekespanol.com/2018/09/mexico-esta-entre-los-cinco-paises-con-mayor-consumo-de-agua/>
- Ilustración 20.** Mapa de disponibilidad de agua de México *Fuente:* Helena Cotler, 2010. en <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>
- Ilustración 21.** Objetivos de desarrollo sostenible *Fuente:* ONU
- Ilustración 22.** Aviso de corte de agua *Fuente:* Secretaria de desarrollo social
- Ilustración 23.** Recomendaciones para buen uso del agua *Fuente:* CESPE.gob
- Ilustración 24.** Razones de escasa agua en Ensenada *Fuente:* CESPE.gob
- Ilustración 25.** Ciclo urbano del agua *Fuente:* [Hidropluviales.com](http://Hidropluviales.com)
- Ilustración 26.** Fases del agua *Fuente:* Rolle Kurt C., *Termodinámica Pearson Education, México 2006*
- Ilustración 27.** Sistema de funcionamiento de Tlaloque *Fuente:* <http://islaurbana.org/sistemas-de-ciudad/>
- Ilustración 28.** Ekomuro H2O *Fuente:* <https://ecoinventos.com/ekomuro-h2o-paredes-que-recogen-el-agua-de-lluvia/>
- Ilustración 29.** Línea del tiempo de los principales avances en la tecnología de recolección de agua de niebla. Traducción propia *Fuente:* Mussie Fessehayea *artículo*
- Ilustración 30.** Función de Atrapanieblas *Fuente:* <https://sites.google.com/site/atrapaniebla/project-definition>
- Ilustración 31.** Propuesta para Togo (Warkatorre) *Fuente:* [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)
- Ilustración 32.** Propuesta para Etiopía (Warkatorre) *Fuente:* [www.warkawater.org](http://www.warkawater.org)
- Ilustración 33.** Botella captadora de neblina *Fuente:* [blogs.lainformacion.com](http://blogs.lainformacion.com)
- Ilustración 34.** Sistema de extracción de agua del aire Majik Water *Fuente:* <https://republic.co/majik-water>

- Ilustración 35.** Función de Skywater Advanced Air-to-Water Technology® *Fuente:* <https://islandsky.com/>
- Ilustración 36.** Flujo de ventilación en Torre Gherkin *Fuente:* <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/swiss-re-30-st-mary-axe/>
- Ilustración 37.** Circulación de aire en torre de termitas *Fuente:* <http://wp.cienciaycimento.com/wp-content/uploads/2013/04/esquema-ventilacion-termitero.jpg>
- Ilustración 38.** Niveles de la Biomemítica
- Ilustración 39.** Areas que influyen en el diseño de un producto *Fuente:* de la autora
- Ilustración 40.** Disciplinas en nuevo proceso de diseño *Fuente:* [https://www.ted.com/talks/neri\\_ox-man\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology#t-240385](https://www.ted.com/talks/neri_ox-man_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology#t-240385)
- Ilustración 41.** Círculo de habitar *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 42.** Holismo en la Arquitectura *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 43.** Análisis de ducto Tubo *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 44.** Análisis de ducto Cono *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 45.** Diseño de módulo circular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 46.** Geometría de módulo circular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 47.** Mallado en módulo circular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 48.** Residuales de módulo círculo *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 49.** Resultado de Temperatura y esparcimiento de partículas de modulo circular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 50.** Pentágono y Círculo sin ocupar toda la superficie *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 51.** Cuadros, triángulos y hexagonos ocupar toda la superficie *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 52.** Geometría de módulo triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 53.** Condiciones de frontera en modulo triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 54.** Mallado de módulo triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 55.** Residuales de módulo triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 56.** Resultados de temperatura y esparcimiento de partículas de módulo triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 57.** Propuesta de modulo liso *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 58.** Sistema de almacenamiento *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 59.** Panel de Aluminio compuesto *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 60.** Módulo de captadores *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 61.** Rotación de una catenaria *Fuente:* <https://www.mathcurve.com/surfaces/catenoid/catenoid.shtml>
- Ilustración 62.** Modificación de Catenoide *Fuente:* <https://www.ar.tum.de/en/lt/research-pavilion/>
- Ilustración 63.** Abstracción de Roca *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 64.** Estructura de cubierta *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 65.** Superficie (placa lisa de captador) *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 66.** Localización de captadores de humedad *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 67.** Ubicación de Ensenada Baja California *Fuente:* <http://ensadaresourceguide.com>
- Ilustración 68.** Diseño de Captador base octagonal *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 69.** Divisiones de dobles en angulos *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 70.** Diseño de Captador base triangular *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 71.** Alturas y angulos de caras *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 72.** Placa base de material aluminio compuesto *Fuente:* Elaboración de la autora
- Ilustración 73.** Composición de aluminio *Fuente:* <https://alucobond.com/products/alucobond-a2>