



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO DE MAESTRIA Y DOCOTRADO EN ARQUITECTURA**

**LA CARBOTÉCNIA EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA:  
EN UNIDADES DE INTERÉS SOCIAL EN LA COLONIA GUERRERO, DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR GRADO DE:  
MAESTRA EN ARQUITECTURA**

**PRESENTA:**

**MARÍA ELENA ALTÚZAR GARCÍA**

**Director de tesis: M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos**

**Sinodales: M. en Arq. Ernesto Ocampo Ruiz. FA  
Dr. en Ing. Alejandro Solano Vega. FA  
M. en Arq. Leonardo Zeevaert Alcántara. FA  
M. en Arq. Alejandro Cabeza Pérez. FA**

México D.F. 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES  
HISTÓRICAS

## **Agradecimientos**

A mi madre; Arq. Rosa Ma. García Roldán por todo su apoyo incondicional y creer siempre en mí.

A mi hijo; Diego Horta Altúzar por ser el motivo de mi vida, mi inspiración y mi felicidad.

A mi hermano; Jaime Ignacio Altúzar García, por enseñarme lo que significa fortaleza y entereza a pesar de las circunstancias tan desfavorables que la vida puede presentar.

A mis profesores por su invaluable conocimiento.

A todos los ausentes porque he aprendido que puedo seguir adelante con la frente en alto y sin rendirme jamás.

**GRACIAS**

## Planteamiento del problema

- a) **Objetivo General:** Determinar la forma en que el carbón activado a base de cáscara de coco puede utilizarse como parte del proceso para purificar el agua de lluvia en las unidades plurifamiliares de la Colonia Guerrero de la Ciudad de México.
- b) **Objetivos Particulares:**
- Probar que el Carbón Activado a base de cáscara de coco como parte del proceso vuelve apta el agua de lluvia para consumo humano de acuerdo a la NOM-127;
  - Diseñar un prototipo experimental para purificar el agua de lluvia por medio de la carbotécnia a base de cáscara de coco para su utilización en las unidades plurifamiliares de la colonia Guerrero
  - El prototipo debe ser a bajo costo y sencillo de manejar

## Preguntas rectoras:

- 1) ¿Cuál es la calidad del agua tratada con el carbón activado a base de cáscara de coco?
- 2) ¿Qué otros elementos son necesarios en el prototipo para purificar el agua de lluvia junto con la carbotécnia?
- 3) ¿Qué cantidad de agua de lluvia se puede captar y tratar en las unidades de interés social de la colonia Guerrero de la ciudad de México?
- 4) ¿Cuánta agua potable es posible ahorrar utilizando la carbotécnia en el proceso de purificación del agua de lluvia?
- 5) ¿Es posible que el prototipo pueda incorporarse directamente en la tubería de las Bajadas de Pluviales (BAP) ocupando el mínimo espacio posible?
- 6) ¿Qué tan fácil es el manejo del prototipo para su mantenimiento y posterior sustitución?

## Hipótesis

El carbón activado a base de cáscara de coco puede purificar el agua de lluvia para consumo humano de acuerdo a la NOM-127 al implantarlo dentro de las bajadas de aguas pluviales de las viviendas de interés social, lo que reducirá el consumo de agua potable proveniente de la toma municipal.

## **Justificación**

La problemática actual de la escasez del agua y el desmesurado crecimiento poblacional generan la necesidad de desarrollar tecnología capaz de aprovechar y purificar el agua de lluvia para el consumo humano.

La presente investigación tiene como finalidad contribuir al ahorro del consumo de agua potable en las unidades de interés social de la Colonia Guerrero de la Ciudad de México, por medio de la elaboración de un prototipo de filtro que contenga carbón activado a base de cáscara de coco como parte del proceso de purificación del agua de lluvia.

La utilización de la carbotécnica a base de cáscara de coco permite el desarrollo de tecnología a bajo costo que pueda ser adquirida por la clase media, media baja de la Ciudad de México, la cual es más propensa a sufrir la escasez del suministro de agua potable.

## **Aportes de la investigación**

La tecnología desarrollada como resultado de esta investigación está al alcance económico de la clase media, media baja y es de fácil manejo para su instalación, mantenimiento y sustitución, de igual manera, garantiza que los usuarios cuenten con agua de calidad para sus actividades cotidianas.

En el diseño arquitectónico contribuye al replanteamiento y mejoramiento del diseño de las instalaciones hidráulicas y Bajadas de Agua Pluvial (BAP).

En cuanto al ambiente, contribuye a minimizar la extracción de agua de los mantos acuíferos de la Ciudad de México y la disminución en la importación de agua por medio del Sistema Lerma – Cutzamala para el abastecimiento de la población de la Cuenca de México.

El diseño experimental y la propuesta en el diseño hidráulico y de las BAP comprueban que los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) son aptos para el ahorro de agua potable proveniente de la toma municipal y contribuyen al mejoramiento ambiental.

Esta investigación sirve como punto de partida para el desarrollo de SCALLs que se adapten a las diferentes zonas de la Ciudad de México, como a nivel nacional.

Con lo anterior, es posible contribuir en mejoras normativas tanto para el diseño arquitectónico como ambientales.

De esta manera se difunde la utilización de la carbotécnica a base de cáscara de coco, lo que ayudará a la activación de la industria cocotera en nuestro país.

## **Viabilidad**

La investigación es factible, ya que el carbón activado a base de cáscara de coco se produce a nivel nacional.

La captación de agua de lluvia en el caso de estudio es posible, ya que se han localizado las BAP y se cuenta con el permiso de los inquilinos de realizar la toma de muestras. Cabe mencionar que la toma de muestra está supeditada al temporal de lluvias correspondiente a la Ciudad de México.

## **Metodología**

La metodología de la investigación es de tipo mixto ya que se ha realizado un marco teórico cualitativo y cuantitativo, el cual permite la obtención de resultados que refuerzan las teorías investigadas.

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo. Ya que dentro de esta investigación se han detectado cinco variables fundamentales para explicar y proponer una solución tecnológica en cuanto a la escasez del agua se refiere.

Estas cinco variables se explican en el Marco Teórico y son:

- La escasez del agua como tal
- El crecimiento urbano en la Ciudad de México
- La captación de agua de lluvia
- Las tecnologías actuales para el tratamiento de agua
- El diseño arquitectónico



# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Antecedentes</b> .....	2
<b>CAPÍTULO I:</b> .....	5
Contexto del agua en la Ciudad de México, desarrollo sustentable.....	5
<b>1.1 PANORAMA DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO</b> .....	6
<b>1.2 LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL</b> .....	10
<b>1.2.1 Cantidad de lluvia en la ZMVM</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 2:</b> .....	19
Procesos de purificación de agua; el carbón activado.....	19
<b>2.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA</b> .....	20
<b>2.2 EL CARBÓN ACTIVADO Y EL AGUA DE LLUVIA</b> .....	25
<b>CAPÍTULO 3:</b> .....	28
La Colonia Guerrero y sus viviendas de interés social; las vecindades.....	28
<b>3.1 LA DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC</b> .....	29
<b>3.2 LA COLONIA GUERRERO</b> .....	32
<b>3.3 LAS VECINDADES</b> .....	36

CAPÍTULO 4:.....	47
Metodología para el diseño en el caso de estudio.....	47
<b>4.1 UBICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2 CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.1 PLANOS DEL SITIO .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4 CÁLCULO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....</b>	<b>65</b>
<b>4.5 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO .....</b>	<b>72</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
<b>CONFROTACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....</b>	<b>77</b>
CONCLUSIONES .....	78
PÁGINAS WEB .....	86
ANEXOS .....	87
ANEXO A; PACTO DE ESTAMBUL SOBRE EL AGUA.....	87
ANEXO B; COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO NTCDF.....	93



## Introducción

La presente tesis describe la problemática actual del agua en cuanto a su escasez en la Ciudad de México, particularmente en la Delegación Cuauhtémoc donde se ubica el caso de estudio así como las acciones gubernamentales que se están llevando a cabo, las cuales son insuficientes para contrarrestar la escasez del líquido y garantizar así su abastecimiento a toda la población establecida en esta urbe.

Se realiza un análisis de la cantidad de lluvia con la se cuenta en la Cuenca de México y su deferencia de acuerdo a las isoyetas de la región realizando el cálculo correspondiente al caso de estudio para comprender la cantidad de agua de lluvia que puede captarse y la cantidad de agua potable proveniente de la toma municipal que puede ahorrarse con la lluvia captada, su calidad en cuanto a lluvia ácida se refiere, la contaminación atmosférica y su participación en la contaminación del agua de lluvia para conocer el tipo de filtración que requiere para potabilizarla y reutilizarla en las actividades primarias humanas en el caso de estudio, dando una descripción del carbón activado a base de

cáscara de coco y la razón por la cual es viable su utilización para la filtración de agua de lluvia.

De igual manera se hace la descripción de los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), el tipo de materiales que se requieren para su ejecución, demostrando así que son sencillos y económicos de instalar en edificaciones ya construidas.

Para poder entender la razón por la que se eligió el caso de estudio se hace referencia a la historia urbano - arquitectónica del sitio y su importancia social, por lo que es necesario implementar tecnología que permita a esta sociedad garantizarles el abastecimiento de agua con la calidad necesaria para que realicen sus actividades cotidianas.

Es así que entendiendo lo anterior se procede a analizar el caso de estudio con los planos correspondientes al predio y las recomendaciones necesarias para implementar los SCALL y la colocación de los filtros para un fácil acceso a ellos garantizando su mantenimiento y reemplazo en caso de ser necesario.

## Antecedentes

La disponibilidad de agua por habitante en nuestro país ha disminuido considerablemente. En la Ciudad de México para el 2005 se contaba con una población de 8,720,916 habitantes de acuerdo al censo poblacional del INEGI con una disponibilidad de agua menor a 1,000 m<sup>3</sup>/hab/año según la SEMARNAT (pp. 27, 2007) , actualmente la disponibilidad del agua para la Ciudad de México es de 188 m<sup>3</sup>/hab/año, y de acuerdo con el criterio de Falkenmark para esta magnitud la región experimenta una escasez absoluta de agua, amenazando la producción de alimentos, el suministro de agua a los diferentes grupos de usuarios y daño a los ecosistemas, situación que ya ocurre en la zona metropolitana de la ciudad de México. Academia Mexicana de Ciencias (2007) con el aumento poblacional estimado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2003) se estima que para el 2025 se contará con una población de 118, 692,987 habitantes, lo que demandará mayor cantidad de agua para satisfacer las necesidades básicas.

En promedio, el mexicano utiliza una dotación de 262 litros por habitante por día para satisfacer sus necesidades hídricas Academia Mexicana de Ciencias, Revista Ciencia, vol. 58 num. 2007

La disponibilidad natural media de agua por habitante en un año es un indicador fundamental para evaluar la situación de los recursos hídricos de una cuenca hidrológica. Se considera que existe una escasez extrema cuando es menor a mil metros cúbicos por habitante por año, valor que limita drásticamente las posibilidades de desarrollo.

La urbanización ha tenido serios efectos negativos en el ecosistema urbano de la Ciudad de México. Aunque el suministro de agua se ha incrementado a 300 litros al día *per capita*, la Ciudad no tiene un sistema de distribución eficiente. (SEMARNAT, Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México. Edición 2009)

De acuerdo con *Monroy, 2009*, para lograr la sustentabilidad de la Cuenca del Valle de México se necesita transformar en su totalidad el modelo aplicado por décadas para abastecer la zona metropolitana, y adoptar esquemas que consideren la participación social y el uso de tecnologías de tratamiento nuevas. (*Dr. Oscar Monroy Hermosillo, rector UAM-I, semanario de la UAM, Vol XVI No. 9, Nov. 2009*).

*El Dr. Eugenio Gómez Reyes* explica que para contrarrestar la falta de agua en la ZMVM por el

desmedido crecimiento urbano, entre otros factores, son necesarios: el uso eficiente, la captación de precipitaciones pluviales y el reciclamiento en casas-habitación y en edificios públicos. (*Eugenio Gómez Reyes, Consejo para el desarrollo urbano sustentable de la Ciudad de México, cuarta sesión plenaria – eje de sustentabilidad, pp. 08, México, 2009*)

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia ( SCALL) son una tecnología mediante la cual se habilitan cubiertas y áreas impermeables de las construcciones con el fin de captar el agua de lluvia, para posteriormente conducirla a lugares en donde pueda almacenarse (depósitos, cisternas) y finalmente darle un uso (humano, agrícola o pecuario), (*Herrera 2010*).

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta, siendo el resultado de las necesidades de demanda de agua, recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. (*Pino Duran Escamilla, Captación de agua de lluvia, alternativa Sustentable, Instituto Politécnico Nacional*)

De acuerdo a Gómez Reyes la captación y el almacenamiento pluvial ayudarían a aliviar la escasez del bien en la ZMVM; el recurso tendría que tratarse

para el consumo humano y una parte podría encauzarse a restituir las agotadas reservas de los acuíferos del Distrito Federal.

Los procesos aplicables para la potabilización del agua son un conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento públicos o privados, a fin de hacerla apta para uso y consumo humano. (*NOM-127-SSA1-1994*)

Los procesos de potabilización de agua se clasifican en: procesos para la remoción de características físicas (carbón activado, aereación, coagulación-floculación, sedimentación y filtración) , procesos para la remoción de características químicas (precipitación química, ablandamiento, intercambio iónico, electrodiálisis, ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración) y procesos para la remoción de características microbiológicas y biológicas (cloración, desinfección, ozonización, luz UV) .

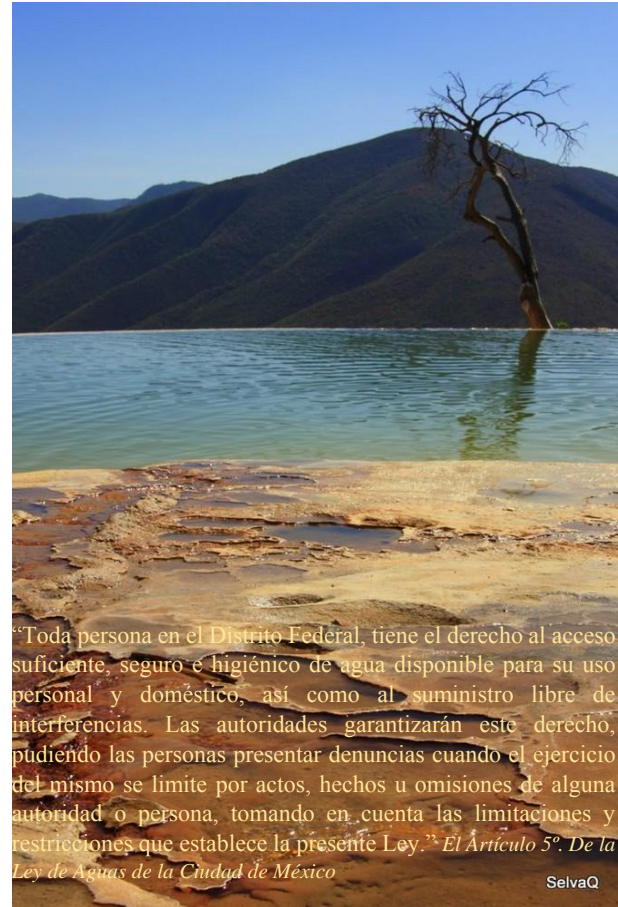
Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros. (*El Carbón Activado, Oviedo, España, 2006*).

El carbón activado obtenido de la cáscara de coco resulta con mayor dureza y resistencia, comparado con el obtenido de madera. Otra ventaja que ofrecen los carbones activados obtenidos de materiales orgánicos, en relación a los obtenidos de materiales inorgánicos, es que en los primeros, el porcentaje de cenizas es menor.

El coco como materia prima a nivel mundial es muy abundante. Se produce en más de 90 países en el mundo, no obstante sólo en una docena de ellos se concentra el 91.1% de superficie plantada con este cultivo. Los países asiáticos son los que cuentan con la mayor extensión. Los dos únicos países en América que forman parte de este grupo son Brasil con 2.4% y México con 1.4% ocupando el doceavo lugar. En México, el estado de Guerrero es el que presenta la mayor superficie (51.8%) plantada por cocoteros [Sagarpa, 2001]. En el 2002 México reportó una producción anual de coco de 959,000 toneladas [Cofupro, 2002].

# CAPÍTULO I:

## *Contexto del agua en la Ciudad de México, desarrollo sustentable*



“Toda persona en el Distrito Federal, tiene el derecho al acceso suficiente, seguro e higiénico de agua disponible para su uso personal y doméstico, así como al suministro libre de interferencias. Las autoridades garantizarán este derecho, pudiendo las personas presentar denuncias cuando el ejercicio del mismo se limite por actos, hechos u omisiones de alguna autoridad o persona, tomando en cuenta las limitaciones y restricciones que establece la presente Ley.” *El Artículo 5º. De la Ley de Aguas de la Ciudad de México*

SelvaQ



## 1.1 PANORAMA DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

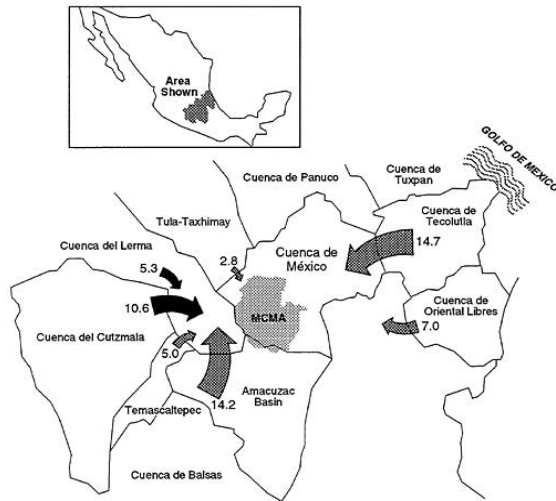
La escasez de agua en la zona metropolitana del valle de la Cuenca de México (ZMVM) ha sido consecuencia de varios factores que han afectado de manera drástica las fuentes de abastecimiento; entre estos factores se encuentra la sobrepoblación, la sobreexplotación del acuífero de la región, la falta de reabastecimiento de agua para dicho acuífero, la falta de mantenimiento a las redes hidráulicas, las cuales presentan fugas de agua, la falta de aprovechamiento del agua de lluvia que se deshecha por las instalaciones sanitarias.

Esto ha tenido serias consecuencias como el hundimiento de la ciudad de México que de acuerdo con la Gerencia de Aguas del Valle de México, el hundimiento neto en los últimos cien años ha hecho descender el nivel del suelo de la ZMVM un promedio de 7.5 metros. El resultado ha sido un daño extensivo a la infraestructura de la ciudad, que abarca los cimientos de los edificios y el sistema de alcantarillado.



*Ilustración 1: Hundimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Hundimiento progresivo de la ciudad en relación al Gran Canal del Desagüe. El sistema original, que funcionaba por gravedad, fue desactivado por el hundimiento; alrededor de 1950 se hizo necesario instalar sistemas de bombeo para drenar el agua pluvial fuera de la ciudad. El hundimiento siguió causando problemas de inundación. En 1960 se construyó un sistema de interceptores de drenaje y recolectores profundos (Emisor Central), junto con una nueva salida artificial para la cuenca de México. (Departamento del Distrito Federal, 2007).*

La importación de agua desde otras fuentes situadas al interior de la república es otra de las consecuencias graves que ha ocasionado la sobreexplotación del acuífero, el agua necesaria para abastecer a la población de la ZMVM es abastecida por el sistema Lerma-Cutzamala.



*Ilustración 2: Abastecimiento existente y potencial de agua a la ZMVM desde cuencas vecinas. Todos los valores están en mcs. Las*

*flechas sombreadas muestran que la ZMVM recibe normalmente 10.6 mcs de agua importada desde la cuenca del Cutzamala y 5.3 mcs de la cuenca del Lerma. Las otras flechas y cifras señalan las nuevas fuentes potenciales de agua para la ZMVM, con base en estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua. (CONAGUA 2010).*

Por lo que la disponibilidad de agua por habitante en nuestro país ha disminuido considerablemente. En promedio, el mexicano utiliza una dotación de 262 litros por habitante por día para satisfacer sus necesidades hídricas<sup>1</sup>.

Es por lo anterior que se proponen otros medios para la obtención de agua, ya sea para la recarga del acuífero de la ZMVM o para el abastecimiento directo de la población. Esta fuente es el agua de lluvia que actualmente no se aprovecha y es mezclada con las aguas negras producidas por las actividades de la población y desechadas de la misma manera por el sistema de drenaje. El tratamiento y reuso de las aguas grises y negras.

De esta manera expertos en el tema a nivel mundial y el gobierno de México se han dado a la tarea de expresar ideas, conocimientos y experiencia para poder

<sup>1</sup> Academia mexicana de ciencias, Revista Ciencia, vol. 58 2007

implementar normativas que garanticen la sustentabilidad mundial y de la ZMVM y así evitar catástrofes ecológicas al sobreexplotar los recursos naturales para cubrir las necesidades humanas.

Estas normativas nacionales se desprenden del 5° Foro Internacional del agua en donde los alcaldes y los representantes electos locales y regionales de diferentes países reunidos en Estambul en marzo de 2009, adherimos al PACTO DE ESTAMBUL SOBRE EL AGUA (Anexo A) con el fin de desarrollar estrategias para la gestión del agua que permitan responder a los cambios globales.

La Declaración de Gobiernos Locales sobre el Agua, adoptada el 21 de marzo de 2006 en el Cuarto Foro Mundial del Agua celebrado en México, destacó el rol y la responsabilidad de los gobiernos locales y regionales en la gestión del agua y del saneamiento e invitó a los gobiernos nacionales a desarrollar una colaboración más eficaz. De esta manera se desprende el Programa de manejo sustentable del agua para la Ciudad de México en donde se han identificado cinco ejes rectores para el Distrito Federal:

- a) Recarga del Acuífero y Protección al Suelo de Conservación;
- b) Consumo de Agua Potable;
- c) Detección y Supresión de Fugas;
- d) Drenaje, Tratamiento y Reuso de Agua Residual Tratada;
- e) Parques Lacustres y Áreas de Alto Valor Ambiental.

Para lograr la sustentabilidad de la Cuenca del Valle de México se necesita transformar en su totalidad el modelo aplicado por décadas para abastecer la zona metropolitana, y adoptar esquemas que consideren la participación social y el uso de tecnologías de tratamiento nuevas<sup>2</sup>.

Los retos para la sustentabilidad radican en la infiltración de agua en pozos y lagunas, así como en los lagos de Xico, Los Reyes Aztecas y Texcoco, entre otros; el aumento de las zonas de recarga, y la reducción de los niveles de extracción del acuífero, señaló el rector de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), José Lema Labadie.

---

<sup>2</sup> Monroy Hermosillo, Oscar, semanario UAM, vol. XVI No. 9, 2009

De esta manera se han desarrollado normas que pretenden garantizar la sustentabilidad de la ZMVM, una de ellas es el “El plan verde para la ciudad de México” que pretende reducir la contaminación en el aire, suelo y agua, reforestar, disminuir el uso de los vehículos, promover el uso de bicicletas, la creación de ciclistas, protección y mantenimiento del suelo de conservación entre otras acciones.

La Secretaría de Salud es la responsable de certificar la calidad del agua para el consumo humano, la Secretaría de Salud ha promulgado una serie de normas que establecen los requerimientos para los sistemas de abastecimiento de agua, el transporte de agua potable y los distintos procedimientos de muestreo. Como resultado, la calidad del agua potable en la ZMVM se observa mediante muestreos que permiten establecer niveles de químicos inorgánicos, químicos orgánicos y parámetros bacteriológicos y físicos. El análisis de la calidad del agua se efectúa en uno o cuatro niveles de muestreo, dependiendo de la estimación que se haga sobre el tipo de agua de la zona. Al muestreo más simple se le conoce como nivel A, y se utiliza para detectar contaminación bacteriológica y obtener información sobre residuos libres de cloro, acidez, conductividad

eléctrica, temperatura y turbiedad. El nivel 2A obtiene, adicionalmente, muestras de las características físicas y químicas prevalecientes en el DF, tales como alcalinidad total, cloruros, color, demanda de oxígeno, dureza total y nitrógeno amoniacal. El muestreo en el nivel 3A cumple con las normas para el agua potable, establecidas por la Secretaría de Salud. Estas normas incluyen los parámetros adicionales de color, dureza (calcio y magnesio), los fluoruros, los sólidos totales disueltos, nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico, sulfatos, sustancias activas al azul de metileno, potasio, sodio, aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, cianuro, hierro, magnesio, manganeso, mercurio, níquel, plata, selenio y zinc. El nivel 4A es un procedimiento de muestreo intensivo, el cual se practica en donde se sospecha la existencia de problemas específicos; este tipo de muestreo abarca componentes sintéticos orgánicos, demanda de oxígeno biológico y químico, radón y otros patógenos humanos.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) no sólo se limita a satisfacer la demanda del servicio en términos de volumen de líquido y desarrollo de infraestructura necesaria para cubrirla, sino también garantizar la calidad adecuada en el agua, por lo que ha resultado indispensable desarrollar

mecanismos de vigilancia y control de calidad que garanticen el cumplimiento de estos conceptos. Expresado de manera doméstica, el usuario espera encontrar en el suministro de agua potable no simplemente la existencia del servicio, sino también la garantía de la adecuada potabilización que permita su consumo.

Es por todo lo anterior que los SCALL son una alternativa para apoyar a los programas de sustentabilidad para la ZMVM aplicándolos directamente en las viviendas de desarrollo social en donde la población es de recursos medios, medios-bajos y en época de estiaje se encuentran con el desabasto de agua para llevar a cabo sus actividades cotidianas.

## 1.2 LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL

La precipitación es considerada como cualquier forma de agua que cae a la superficie de la tierra, como parte importante del ciclo hidrológico, e incluye a la lluvia, nieve, aguanieve y el granizo. La precipitación es

---

<sup>3</sup> <http://www.ciclohidrologico.com>, Junio 2010

<sup>4</sup> Reyes Carrera, Santiago, Variabilidad de precipitación en días, periodos semanales y bidecadales en la región del Pacífico Mexicano,

producida por las nubes, que cuando alcanzan el punto de saturación, las gotitas de agua (o cristales de hielo) crecen hasta caer a la Tierra por efecto de la gravedad<sup>3</sup>.

La determinación de los valores de cada una de las distintas modalidades de precipitación se efectúa mediante instrumentos estandarizados para registrar las cantidades en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los datos puedan ser compatibles y comparables. La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. Los instrumentos deben estar instalados en localidades apropiadas donde no se produzcan interferencias por edificaciones, árboles u otros obstáculos. La unidad de medida que se emplea para cuantificar la precipitación es el milímetro (mm), la cual equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría al caer un litro de agua sobre una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado de superficie<sup>4</sup>. La precipitación puede clasificarse según su origen, en los siguientes tipos:

periodo 1940-2010, Universidad Autónoma de Nuevo León, Septiembre 2012.

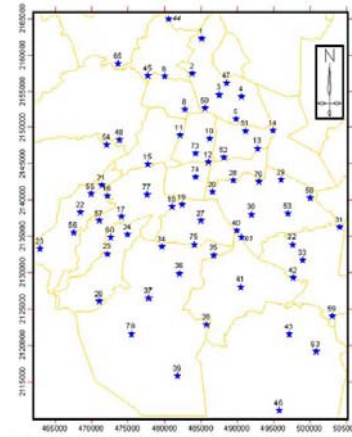
- **PRECIPITACIÓN FRONTAL:** Ocurre cuando se encuentran dos masas de aire, con distintas características de temperatura y presión.
- **PRECIPITACIÓN CONVECTIVA:** Es la generación de lluvia a partir del ascenso de una masa de aire calentada por contacto con la superficie terrestre que ha recibido la radiación del Sol. Al ascender, el aire se enfría y condensa la humedad contenida provocando la precipitación.
- **PRECIPITACIÓN OROGRÁFICA:** Es la que se genera durante el ascenso de una masa de aire con alto contenido de humedad, a través de una pendiente como las laderas de las montañas y cordilleras

### 1.2.1 Cantidad de lluvia en la ZMVM

La ZMVM presenta un régimen anual definido de precipitación entre los meses de mayo a octubre, debido a la intensidad y frecuencia de fenómenos meteorológicos sinópticos en las costas del Pacífico y Atlántico mexicanos. Los otros meses son de sequía, aunque pueden tener lugar lluvias aisladas, éstas no constituyen un régimen definido. Cabe mencionar que

por su gran extensión, la ZMVM presenta un esquema de precipitación no uniforme.

En la Zona Metropolitana del Valle de México existe una red de estaciones pluviométricas pertenecientes al Sistema de Aguas de la Ciudad de México, que se distribuye tal como se ilustra en la figura siguiente, de la cual se tomaron datos registrados durante el año 2010 para caracterizar la precipitación pluvial.



*Ilustración 3 Localización espacial de la red pluviométrica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.2010)*

Los valores “normales” de precipitación, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial corresponden a los promedios calculados para un periodo uniforme y relativamente largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de datos, lo que se considera como un periodo climatológico mínimo representativo, representativo, y que inicie el 1° de enero de un año que termine en uno y finalice el 31 de diciembre de un año que termine en cero.

La distribución de la precipitación acumulada mediante líneas de igual valor de precipitación (isoyetas) para los meses significativos de cada época del año, de tal manera que se obtiene una representación estacional con la precipitación acumulada en el mes de julio. En el sur y suroeste de la ZMVM se presentaron las mayores acumulaciones (180 a 300 mm); también se aprecian valores altos (120 a 210 mm) en la región central de la misma. Por otro lado, los valores de precipitación acumulados más bajos (entre 30 y 120 mm) se concentraron tanto en el norte de la ZMVM como en el sureste de la misma.

---

<sup>5</sup> Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas, SAGARPA, Colegio de Postgraduados, 2011

Las isoyetas son conocidas como las líneas que delimitan zonas con igual registro de precipitación, reportadas en milímetros<sup>5</sup>. En el Distrito Federal, el rango que se tiene para los valores de isoyetas abarca menores de 600 a mayores de 1 500 mm, que lo ubican como una de las entidades con características de precipitación moderada. En el mapa se aprecia un patrón de distribución ascendente para las isoyetas de noreste a suroeste, lo que coincide de manera general con las partes bajas y más elevadas del territorio respectivamente, así mismo con los climas, siendo las características del clima semiseco para las zonas más urbanizadas.

De esta manera, con los datos que a continuación se mencionan es posible realizar los cálculos pertinentes para el caso de estudio en cuanto a la cantidad de agua de lluvia posible de captar, ubicando el predio por coordenadas y estimando el tiempo de retorno en que se vuelve a repetir el evento pluvial que se está considerando. En la Ilustración 6 el tiempo de retorno se considera a 5 años.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1999	25.5	13.7	13.7	18.9	23.0	70.7	102.0	153.2	129.2	79.4	43.8	45.1	718.2
2000	22.6	22.6	16.2	18.3	38.6	89.1	122.5	179.4	127.4	66.5	35.4	28.2	766.8
2001	5.9	6.0	8.5	15.9	23.4	105.5	112.9	165.9	114.9	66.8	26.5	12.2	664.4
2002	16.8	15.8	28.3	38.5	39.6	75.0	105.6	103.3	115.7	77.1	51.5	24.9	692.1
2003	12.2	16.0	12.8	6.4	7.6	68.9	138.7	139.2	172.5	112.0	43.6	11.1	741.0
2004	8.4	8.2	11.7	14.0	25.1	126.4	154.5	138.0	150.1	80.7	18.6	18.4	754.1
2005	11.6	11.4	14.3	14.7	68.9	140.4	99.1	130.0	124.6	92.2	37.3	20.7	765.2
2006	14.8	24.2	18.0	23.7	53.2	89.9	135.1	139.2	146.2	74.0	24.4	23.4	766.1
2007	14.0	29.6	7.8	8.6	31.2	102.1	135.5	99.2	168.3	81.7	44.1	16.8	738.9
2008	13.0	18.9	12.5	10.1	34.3	115.0	133.8	133.7	172.8	107.7	33.8	10.5	796.1
2009	33.4	18.1	32.0	35.1	53.2	134.6	137.7	161.7	85.6	32.5	16.7	872.2	
2010	25.0	35.8	13.0	7.8	41.5	88.9	172.1	148.0	101.5	124.2	16.8	13.5	788.1
2011	18.0	7.2	11.1	10.2	48.9	104.9	149.7	159.6	147.3	88.2	30.5	32.4	808.0
2012	36.0	21.2	10.2	16.0	38.8	96.4	149.7	179.4	146.2	79.3	23.9	15.1	812.3
2013	21.2	13.2	7.9	19.7	39.5	125.4	197.8	188.4	188.2	78.2	10.1	11.1	900.7
2014	13.5	11.5	8.3	8.3	46.6	105.7	101.3	121.4					
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima	86.2	44.0	43.1	43.9	68.9	148.4	215.7	188.4	212.1	130.5	73.3	60.8	997.8
CLIMAT 41-08	25.4	18.1	15.1	18.8	40.1	104.0	139.5	138.3	142.5	75.6	31.2	27.8	776.4
Mínima	4.7	6.0	6.0	6.4	7.6	64.4	99.1	89.0	89.6	32.1	10.1	8.9	638.8

*Ilustración 4 Precipitación pluvial, máximos y mínimos mensuales y anuales en la ZMVM. (SEMARNAT 2013)*

El método por isoyetas es el más preciso y seguro para conocer la cantidad de lluvia arrojada en los eventos pluviales.

Es necesario considerar la ubicación del predio en cuanto a la contaminación atmosférica que presenta la zona, ya que dicha contaminación afecta directamente la calidad del agua de lluvia a captar produciendo lluvia ácida. Considerando los contaminantes presentes es posible definir el tipo de filtración o tratamiento que requiere el agua de lluvia captada para garantizar su

utilización en las actividades humanas. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el estudio de lluvia ácida inició en 1987.



*Ilustración 5 Plano de precipitaciones medias anuales en el D.F., (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011).*



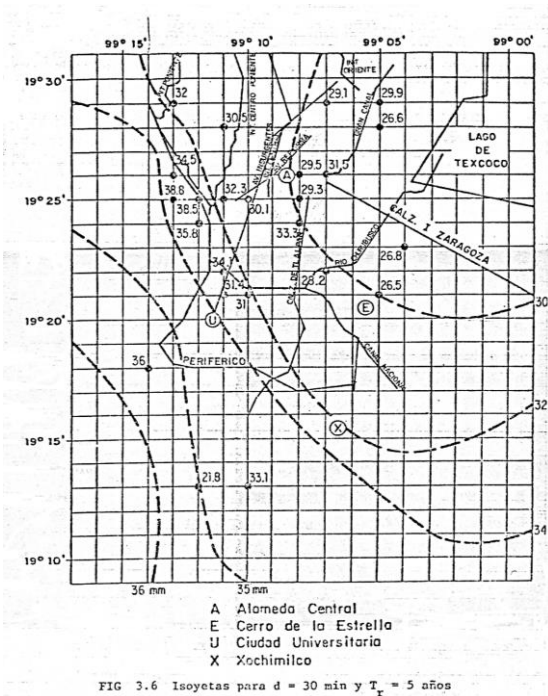


Ilustración 6 Plano de isoyetas para el D.F., (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2011).

La lluvia ácida es toda agua de lluvia cuyos valores de pH son inferiores a los de la lluvia normal. El pH es una escala que va de 0 a 14 y nos indica que tan ácida o alcalina es una sustancia, el agua pura tiene un valor de pH de 7, que se considera neutro; valores de pH menores a 7 son ácidos, y valores superiores a 7 se consideran alcalinos<sup>6</sup>.

El valor mínimo histórico de pH registrado por el Programa de Precipitaciones Ácidas en la ZMCM se obtuvo en 1997 con un valor de pH de 3.38, el cual tiene diez veces menor acidez que la del jugo de limón. Los datos obtenidos por el Programa de Precipitaciones Ácidas en la ZMCM han mostrado que el problema de lluvia ácida se presenta con mayor frecuencia e intensidad en la zona suroeste de la ciudad, debido a las condiciones meteorológicas, principalmente la dirección de los vientos que ocasionan el transporte de los contaminantes hacia esa zona.

Con los datos anteriores se puede discernir que la acidez del agua de lluvia no presenta problema alguno para su

<sup>6</sup> Programa de precipitación ácida de la ZMCM, Secretaría del Medio Ambiente, 2012.

utilización en las actividades humanas habiéndola filtrado y tratado de manera adecuada.

Los medios por los cuales se recolecta el agua de lluvia son los llamados Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL). Los SCALL son una tecnología mediante la cual se habilitan cubiertas y áreas impermeables de las construcciones con el fin de captar el agua de lluvia, para posteriormente conducirla a lugares en donde pueda almacenarse (depósitos, cisternas) y finalmente darle un uso (humano, agrícola o pecuario)<sup>7</sup>.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta, siendo el resultado de las necesidades de demanda de agua, recursos disponibles (precipitación, dinero para invertir y materiales de construcción), y las condiciones ambientales en cada región. (Pino Duran Escamilla, Captación de agua de lluvia, alternativa Sustentable, Instituto Politécnico Nacional).

Su implementación se lleva a cabo cuando:

- No existe una red de acueducto o el suministro es deficiente.
- No se dispone de recursos y los materiales de construcción son costosos.
- Baja disponibilidad de agua.
- Mala calidad del agua (contaminación).

Los métodos alternativos de captación y uso eficiente de agua se clasifican de acuerdo a la forma en que el agua escurre como también en el uso que se le da:

- Sistemas para uso humano.
- Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.

Para el caso de estudio se considera el sistema para uso humano, los cuales son todos aquellos sistemas que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenado luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria.

---

<sup>7</sup> Duran Escamilla, Pino, Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable, Instituto Politécnico Nacional, 2010

Para determinar cuál es el mejor método para almacenar agua de lluvia y/o escorrentía deben tomarse en cuenta los siguientes criterios<sup>8</sup>:

- El objetivo por el cual ésta se recolecta.
- La pendiente del terreno.
- Las características del suelo.
- Los costos de construcción.
- La cantidad, intensidad y distribución estacional de las lluvias.
- Factores sociales tales como la tenencia de la tierra y las prácticas tradicionales del uso del agua.

Es necesario tener en cuenta los componentes de un SCALL para su buen diseño y funcionamiento, lo que también ayudará a la cuantificación de materiales y el costo del SCALL dependiendo de la vivienda en donde se implemente.

Estos componentes son:

- El área de captura, en donde se recolecta el agua para ser transportada hasta el reservorio.

- El área de almacenaje o reservorio (reservorio artificial, perfil del suelo, acuíferos subterráneos).
- El área objetivo o de uso del agua (agricultura, uso doméstico o industrial)
- Sistema de primera limpieza; generalmente son cribas que evitan el paso de contaminantes físicos que arrastra el agua de lluvia al ser recolectada como los son hojas, piedras, basura, ramas, entre otras.
- Sistema de filtración; es en donde al agua se le quitan los contaminantes de menor tamaño como polvos, arenas, tierra y elementos finos que puedan permanecer en el agua después de la primera limpieza.
- Sistema de distribución; es el ramaleo de tubería que deberá considerarse para la distribución del agua hacia donde será utilizada.
- Sistema de bombeo; en algunos casos será necesario contar con una bomba capaz de aumentar la presión del agua para su distribución.

El ejemplo siguiente es un SCALL básico, dependiendo de la cantidad pluvial de la región

---

<sup>8</sup> Rodríguez Quirós, Rigoberto, Compendio con información de las opciones técnicas de cosecha de agua aplicables a nuestro medio, Universidad Nacional de Costa Rica, 2010.

en ocasiones es necesario implementar un pozo de filtración que ayuda a evitar que el agua de lluvia sobrepase el límite de los tanques almacenadores provocando inundaciones en el predio donde se instalen.



Ilustración 7 Ejemplo de los componentes de un SCALL (<http://perspectivasesia.blogspot.mx/2008/04/captacion-de-agua-pluvial.html>)

La implementación de los SCALL puede impactar diferentes aspectos de la sociedad, tal como se comenta a continuación:

*Economía:*

- El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener.
- La reducción en el consumo de agua potable entubada reduce la tarifa que pagan las familias.
- Empleo de mano de obra y materiales locales.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua.

*Medio ambiente:*

- Ahorro energético en potabilización, desalinización o transporte de agua.
- Conservación de las reservas de agua potable en acuíferos.
- Podría disminuirse el 50 % de la contaminación por detergentes y suavizantes al utilizar agua de lluvia ya que ella es más blanda.

### *Salud*

- Agua limpia en comparación con las otras fuentes de agua por mantenerse en menor contacto con contaminantes.
- El agua se mantiene en óptima calidad para su uso.

### *Social*

- Educación y disciplina de la población para que haga un buen uso del agua.

En cuanto a las limitaciones de los SCALL puede mencionarse:

- Dependen directamente de la cantidad de precipitación que se presente en la zona.
- Alto costo inicial en algunos casos lo cual limita su implementación por parte de familias de bajos recursos. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de establecer nuevas políticas de gobierno que incentiven el uso de los SCALL.

Los SCALL son una alternativa práctica y relativamente económica que podría contribuir con el abatimiento de la escasez de agua.

# CAPÍTULO 2:

*Procesos de  
purificación de agua;  
el carbón activado.*



## 2.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

La selección del carbón activado a base de cáscara de coco se debe a la comparación entre los diferentes tratamientos de agua que existen dependiendo de la calidad del agua a tratar, debido a que el agua de lluvia no presenta grandes contaminantes no es necesario someterla a un gran proceso de tratamiento, el cual es costoso, complicado de instalar en viviendas existentes y en la mayoría de los casos requieren de grandes áreas para poder implementarlos.

Es por lo anterior que se hace una breve clasificación y explicación de los diferentes procesos de tratamientos de agua.

Es necesario comprender que los procesos para la potabilización del agua son el conjunto de operaciones y procesos, físicos, químicos y/o biológicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento públicos o privados, a fin de hacerla apta para uso y consumo humano.

El agua potable no es un agua pura, sino un agua que es incapaz de dañar la salud y se produce a partir del agua contaminada que proviene de aguas superficiales (lagos, arroyos, lagunas, ríos, mares, océanos y glaciares), subterráneas (pozos profundos) y atmosféricas (lluvias)<sup>9</sup>. Los procesos de tratamiento del agua se clasifican en tipos de procesos y en etapas de tratamientos, dentro de estas etapas se encuentran los tipos de procesos.

### Tipos de tratamiento de agua:

1. **Físicos:** Son los primeros métodos empleados en el tratamiento del agua residual; en ellos predomina la acción de las fuerzas físicas, entre los que se encuentran:
  - *Carbón Activado:* El carbón activado, o carbón activo, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido, a reacción con gases oxidantes (como CO<sub>2</sub> o aire), o con vapor de agua; o bien a un tratamiento con adición de productos químicos como el H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, durante (o después) de un proceso de

---

<sup>9</sup> Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, ISBN978-968-817-880-5, 2007

carbonización, con el objeto de aumentar su porosidad. Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros.

- **Aireación:** La Aireación es el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella.
- **Coagulación-Floculación:** La coagulación-floculación es el proceso mediante el cual se añaden compuestos químicos al agua para reducir las fuerzas que separan a los sólidos suspendidos menores a  $10\ \mu\text{m}$  (orgánicos e inorgánicos) para que formen aglomerados que sean removidos del agua por sedimentación. El proceso se lleva a cabo en dos etapas. En la primera o coagulación, las fuerzas interpartícula, responsables de la estabilidad de los coloides, son reducidas o anuladas por la adición de reactivos apropiados. En la segunda o floculación, las colisiones entre las partículas favorecen el crecimiento de flóculos que puedan ser eliminados por sedimentación

- **Sedimentación:** La sedimentación o clarificación es la remoción de partículas, flóculos químicos y precipitados de una suspensión en un sedimentador que actúa por gravedad. La sedimentación se emplea para eliminar la fracción de sólidos sedimentables de los sólidos en suspensión (60% de los sólidos que son perceptibles a simple vista en el agua). Se consideran sólidos sedimentables a las partículas que por su tamaño y peso sedimentan en una hora.
- **Filtración:** La filtración es un proceso de separación de fases de un sistema heterogéneo, que consiste en pasar una mezcla a través de un medio poroso o filtro, donde se retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla.



Ilustración 8: Ejemplo de coagulación-floculación. (<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>, abril 2011)



2. **Químicos:** Se utilizan para remoción de la contaminación que adquiere el agua en la naturaleza, el agua adquiere una variedad de constituyentes inorgánicos mediante el contacto con el ambiente; contacto con la atmósfera (gases), contacto con la tierra (minerales), y contactos con ambientes contaminados por el hombre. Entre ellos se encuentran:

- *Precipitación química:* Las aguas naturales adquieren sus características químicas dentro del ciclo hidrológico. Algunos de los gases, líquidos y sólidos adquiridos, se disuelven pero conservan su naturaleza; otros reaccionan con el agua o con diversos compuestos existentes en el agua para formar nuevas sustancias químicas. La remoción de ciertos materiales inorgánicos solubles se puede lograr al agregar reactivos adecuados para convertir las impurezas solubles en precipitados insolubles que pasan así a la fase de floculación y se puedan remover por sedimentación. Factores como el pH y la temperatura normalmente afectan esto.
- *Ablandamiento:* El ablandamiento por precipitación consiste en la inversión del proceso a través del cual la dureza ingresó al agua

inicialmente; esto es, la conversión de compuestos solubles en compuestos insolubles que luego se precipitarán y permitirán su remoción por floculación y sedimentación. El método de ablandamiento por precipitación adoptado dependerá de la forma de dureza que se presente.

- *Intercambio iónico:* El intercambio iónico es un proceso químico que consiste en la remoción de los iones indeseables de un agua cruda transfiriéndolos a un material sólido llamado intercambiador iónico, que los acepta y cede un número equivalente de iones de una especie deseable, que se encuentran almacenados en el esqueleto del intercambiador de iones.
- *Electrodialisis:* En el que por medio de membranas especiales y la baja acción de una corriente eléctrica, se divide el agua a tratar en dos partes: una solución salina concentrada y agua parcialmente desmineralizada, este procedimiento solo aplica en el caso de agua poco salobres, ya que la capacidad del caudal de las membranas disminuye cuando aumenta la salinidad del agua. Solo es económico cuando se trata de agua cuya salinidad sea menor a 3.00 gr./l.
- *Ósmosis inversa:* En este caso, el agua pura atraviesa las membranas bajo la acción de una presión superior a la presión atmosférica.

- **Nanofiltración:** En este caso, el agua pura atraviesa las membranas bajo la acción de una presión superior a la presión atmosférica.
- **Ultrafiltración:** Una de las principales aplicaciones de la ultrafiltración es como pretratamiento de la ósmosis inversa, tanto para potabilización como para desalación de agua de mar.
- **Microfiltración:** Las membranas usadas para la microfiltración tienen un tamaño de poro de 0.1 – 10  $\mu\text{m}$ . Estas membranas de microfiltración retienen todas las bacterias, parte de la contaminación viral es atrapada en el proceso, a pesar de que los virus son más pequeños que los poros de la membrana de microfiltración.

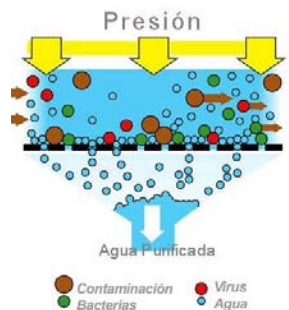


Ilustración 9 Ejemplo de ósmosis inversa.  
([http://www.lvic.biz/ap600paim/que\\_es\\_la\\_osmosis\\_inversa.html](http://www.lvic.biz/ap600paim/que_es_la_osmosis_inversa.html), abril 2011)

3. **Biológicos:** El proceso de tratamiento biológico consiste en el control del medio ambiente de los microorganismos de modo que se consigan condiciones de crecimiento óptimas. Las principales aplicaciones de estos procesos son: la eliminación de la materia orgánica carbonosa del agua residual, medida como DBO, COT o DQO; la nitrificación; la denitrificación; la eliminación de fósforo; y la estabilización de fangos. Entre ellos se encuentran:

- **Cloración:** La cloración se emplea en la potabilización para destruir patógenos, controlar problemas de olor, remover hierro y manganeso y para eliminar nitrógeno amoniacal.
- **Desinfección:** Proceso que mata o inactiva agentes patógenos tales como bacterias, virus y protozoos impidiendo el crecimiento de microorganismos patógenos en fase vegetativa que se encuentren en organismos vivos.
- **Ozonización:** El ozono es un gas fuertemente oxidante que reacciona con la mayoría de las moléculas orgánicas así como con muchas inorgánicas y se produce por la acción de un campo eléctrico sobre el oxígeno. El ozono es más reactivo que el cloro y sus reacciones son rápidas al inactivar microorganismos, oxidar hierro,

manganeso, sulfuros y nitritos, mientras que oxida lentamente compuestos orgánicos como sustancias húmicas y fúlvicas, plaguicidas y compuestos orgánicos volátiles.

- **Luz UV** : Como una alternativa para la eliminación de bacterias existe la luz ultravioleta (UV), la cual sin generar subproductos es efectiva para inactivar organismos patógenos.

## Etapas de tratamiento de agua

1. **Tratamiento primario:** de las aguas es un *proceso físico* que utiliza cribas para separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos. Las aguas negras de las alcantarillas llegan a la cámara de dispersión en donde se encuentran las cribas, de donde pasan las aguas negras al tanque de sedimentación, de donde los sedimentos pasan a un tanque digestor y luego al lecho secador, para luego ser utilizados como fertilizante en las tierras de cultivo o a un relleno sanitario o son arrojados al mar. Del tanque de sedimentación el agua es conducida a un tanque de desinfección con cloro (para matarle las bacterias) y una vez que cumpla con los límites de depuración sea arrojada a un lago, un río o al mar.

2. **Tratamiento secundario:** es un *proceso biológico* que utiliza bacterias aerobias como un primer paso para remover hasta cerca del 90 % de los desechos biodegradables que requieren oxígeno. Después de la sedimentación, el agua pasa a un tanque de aereación en donde se lleva a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica y posteriormente pasa a un segundo tanque de sedimentación, de ahí al tanque de desinfección por cloro y después se descarga para su reutilización.
3. **Tratamiento terciario:** Es un *proceso químico* que se realiza después de la etapa secundaria y en este, se busca eliminar los contaminantes orgánicos, los nutrientes como los iones fosfato y nitrato o cualquier exceso de sales minerales.

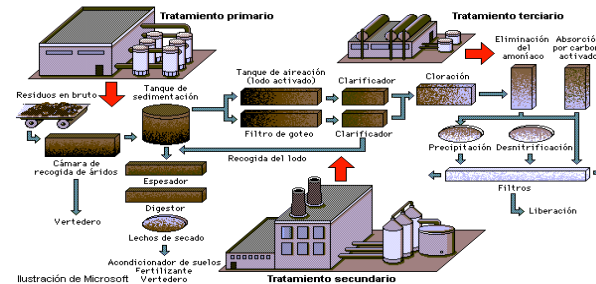


Ilustración 10 Etapas de tratamiento de agua.  
[http://platea.pntic.mec.es/~iali/personal/agua/agua/aguaFQ/aguas\\_residuales.htm](http://platea.pntic.mec.es/~iali/personal/agua/agua/aguaFQ/aguas_residuales.htm), abril 2011)

## 2.2 EL CARBÓN ACTIVADO Y EL AGUA DE LLUVIA

El agua de lluvia es pura al precipitarse y adquiere sus contaminantes si bien comenzando por su paso en la atmósfera, sin embargo el agua de lluvia ácida no contiene un pH que requiera de una gran atención y la otra fuente de contaminantes son las superficies de donde se capta el agua pluvial.

En zonas urbanas las áreas de recolección del agua de lluvia más comunes son las azoteas de las viviendas, estas se aprovechan ya que por lo general no contienen derrames de líquidos como gasolina, aceite, anticongelante de autos entre otros, como lo contienen los pavimentos de circulación y estacionamientos en general, las zonas públicas contienen eses de animales y otros contaminantes que afectan al agua de lluvia.

Los elementos contaminantes que se pueden encontrar en las azoteas son más físicos que químicos, como tierra, piedras, tierra, entre otros.

De esta manera, el agua de lluvia captada en azoteas no recibe una contaminación que requiera grandes procesos de tratamiento para su potabilización.

Sin embargo es necesario que reciba un tratamiento adecuado para garantizar que puede ser utilizada en las actividades humanas y sobre todo para su consumo.

Los tipos de tratamientos que requiere el agua de lluvia básicamente son físicos y biológicos. Dentro de los físicos son necesarios la filtración por cribas, que se presenta en la etapa primaria para remover los contaminantes de gran tamaño molecular como piedras, hojas de plantas y árboles, envases de diferentes tipos, si es que llegaran a existir, ramas, entre otros por medio de cribas. Posterior a este filtrado se requiere de una sedimentación para la remoción de sólidos sedimentales, tales como tierra, arena entre otros. Después de esta etapa se debe realizar una cloración, para la eliminación de patógenos y el cual es un proceso biológico, por último se debe realizar una filtración por medio del carbón activado (CA) el cual terminará por eliminar cualquier contaminante que pudiera presentarse en el agua, garantizando que esta sea incolora e insabora para consumo humano.

La cloración puede ser sustituida por un metro de arena por donde pasa el agua ya que esta asfixia a los agentes patógenos evitando que el agua sea dañina para la salud.

El carbón activado, o carbón activo, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido, a reacción con gases oxidantes (como CO<sub>2</sub> o aire), o con vapor de agua con el objeto de aumentar su porosidad. Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases<sup>10</sup>.

La clasificación y utilización de los carbones activados radica en el tamaño de sus poros, que de acuerdo a su función se les clasifica en poros de adsorción y poros de transporte.

En el caso del agua de lluvia es posible purificarla por la adsorción que presentan los poros del carbón activado ya que en estos poros se adhieren las partículas contaminantes que pueda presentar el agua pluvial.

Los materiales más comunes de donde se obtiene el carbón activado son; madera de pino, carbón mineral lignítico, carbón mineral bituminoso y concha de coco, solamente se utilizan unos estos materiales a nivel

comercial, debido a su disponibilidad, bajo costo y a que los productos obtenidos a partir de ellos, tienen las propiedades que cubren toda la gama de aplicaciones que el CA puede tener.

MATERIA PRIMA	ACTIVACIÓN	DUREZA / RESIST. A LA ABRASIÓN	RADIO MEDIO DE PORO
madera de pino	deshidratación química*	30-50	10-2,000 nm
carbón mineral lignítico	térmica**	40-60	3.3 nm
carbón mineral bituminoso	térmica**	70-80	1.4 nm
concha de coco	térmica**	90-99	0.8 nm

Tabla 1 Principales materias primas y tecnologías de activación. (<http://www.ciberteca.net/equipos-para-purificadoras-y-embotelladoras-de-agua-purificada-y-mineral/medios-filtrantes-de-filtros/carbon-activado.htm>, marzo 2010).

\* **Típicamente con ácido fosfórico y en ocasiones con cloruro de zinc.**

\*\* **En atmósfera saturada de vapor de agua, o con gases de combustión.**

<sup>10</sup> Cortez, José, Diseño de una planta para la producción de filtros de carbón activado a partir de la cáscara de cacao, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela, 2013

El carbón activado tiene diferentes presentaciones, ya sea en polvo (CAP) o granulado (CAG), el más recomendable para el filtro del caso de estudio es el CAG

Es por lo anterior que se ha seleccionado el CA a base de cáscara de coco ya que este material se produce a nivel nacional siendo el estado de Guerrero su principal productor, esto repercute en un menor costo y mayor accesibilidad para los consumidores y la porosidad que presenta este CA es mayor al igual que su dureza ante los demás materiales.

# CAPÍTULO 3:

*La Colonia Guerrero y sus viviendas de interés social; las vecindades.*



### 3.1 LA DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC

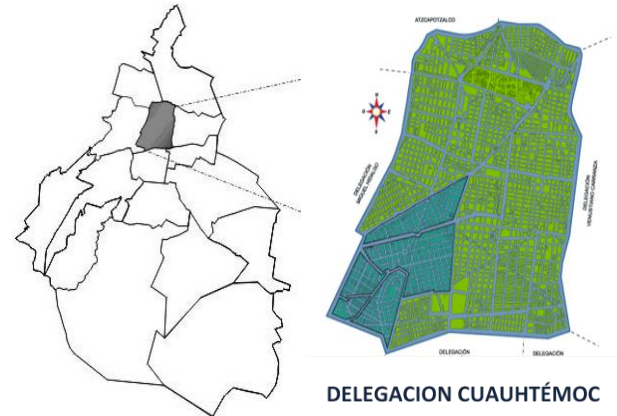
Para comprender la selección del caso de estudio es necesario adentrarse en la historia de la Delegación Cuauhtémoc y posteriormente en la colonia Guerrero en donde se encuentra ubicado el caso de estudio, dando pauta a entender acerca de la importancia de las vecindades de una manera social, económica y arquitectónica.

De esta manera es posible entender también la razón de la propuesta de los SCALL y la implementación de un filtro a base de carbón activado a base de cáscara de coco para esta sociedad de nivel medio, medio –bajo.

La Delegación Cuauhtémoc surge como tal a partir del decreto del 27 de diciembre de 1970 que dio origen a las delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Benito Juárez y Miguel Hidalgo, ya que la Ciudad de México se componía de 12 cuarteles.

La Delegación Cuauhtémoc se localiza en el centro del área urbana del Distrito Federal, contiene al Centro Histórico perímetro “A”, parte del perímetro “B” y el Paseo de la Reforma. Se le

considera el corredor comercial y de servicios más importante de la Ciudad.



**CIUDAD DE MÉXICO**  
*Ilustración 11 Mapa de ubicación de la Delegación Cuauhtémoc en el Distrito Federal y plano de la Delegación. (<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09015a.html>, enero 2010)*

El relieve de la delegación es sensiblemente plano, es menor al 5%; el clima es templado, con temperatura media anual de 17.2°C y presenta una precipitación pluvial promedio anual de 618 mililitros. La altitud



promedio es de 2,240 metros sobre el nivel del mar. Se asienta dentro del área antiguamente ocupada por el Lago de Texcoco, por lo que predominan los suelos arcillosos; la totalidad del territorio se encuentra en la zona III, lacustre, según la clasificación del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

La población de la delegación ha presentado un decremento debido al uso de suelo comercial y por el alto costo del suelo, sin embargo, en la actualidad esto se ha visto disminuido al construirse viviendas plurifamiliares.

La infraestructura de la delegación es basta y cubre los servicios necesarios.

Agua Potable.- De acuerdo con la información proporcionada por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) existe una cobertura del servicio del 100% y en todo su territorio es factible la dotación del servicio. En 2010 el 98.3% de las viviendas particulares contaba con agua entubada.

Su abastecimiento proviene de fuentes externas e internas; las fuentes externas están conformadas por el Sistema Lerma que alimenta a los tanques Aeroclub, situados al poniente del Distrito Federal y abastecen a la zona poniente y centro de la delegación. El Sistema Chiconautla, alimenta los tanques Santa Isabel, que se localizan al norte del Distrito Federal para abastecer a la mayor parte de la zona norte. Finalmente los acueductos del sur Xotepingo, Chalco y Xochimilco conducen agua en bloque para abastecer la zona sur y oriente de la delegación<sup>11</sup>.

La red de distribución de agua potable tiene una longitud de 511.8 kilómetros, de los cuales 46.3 kilómetros corresponden a la red primaria y 465.5 kilómetros a la red secundaria. Por las características de relieve de la delegación no existen plantas de bombeo ni tanques de almacenamiento que alimenten directamente a la red.

Existen fugas de la red que se deben a la antigüedad de las tuberías y al continuo proceso de asentamientos sufridos por el terreno ya que al ser la Delegación

---

<sup>11</sup> Secretaría de Gobernación, Diario Oficial de la Nación, Programa de Desarrollo Urbano de la Delegación Cuauhtémoc, 1997.

Cuauhtémoc totalmente urbana y contener en su parte central al Centro Histórico de la ciudad, presenta una problemática peculiar y diferente a la de otras delegaciones. Las bajas presiones son ocasionadas principalmente por falta de un bombeo programado que permita el abastecimiento de agua de manera satisfactoria. Este problema se presenta frecuentemente en las zonas sur y poniente, donde se ubican las colonias Cuauhtémoc, Roma Sur, Hipódromo, Hipódromo-Condesa y Condesa.

En 2013 se presentaron un total de 1,648 fugas en las redes primarias y secundarias, las colonias donde se concentra esta problemática son Centro, Doctores, Roma Norte, Obrera, Guerrero, Juárez, Roma Sur, Condesa, Tránsito, Santa María la Ribera, San Rafael y Morelos.

Lo que ha ocasionado que el abastecimiento de agua potable no sea regular, ya sea por la falta de presión, las fugas y el mantenimiento a los sistemas de agua que alimentan a la Delegación. Por lo que es necesario contar con sistemas alternativos que provean a los residentes del importante líquido como lo son los SCALL.

Drenaje.- Tiene un nivel de cobertura en la delegación del 100%, y ya desde 1990 el 97.9% de las viviendas estaban conectadas al sistema. Ahora cuenta con un sistema de colectores que presentan un sentido de escurrimientos de poniente a oriente y de sur a norte. De estos colectores, algunos reciben las descargas de agua residual provenientes de la Delegación Miguel Hidalgo.

Todas las líneas de la mencionada red se canalizan hacia el Gran Canal del Desagüe, a excepción de los colectores Consulado, Héroes, Central y San Juan de Letrán, que lo efectúan hacia el Sistema de Drenaje Profundo a través del Interceptor Central, conducto que al igual que el Interceptor Central, fue construido con la finalidad de erradicar las inundaciones de la Ciudad de México en épocas de lluvias.

Cuenta con plantas de bombeo pertenecientes a los Sistemas Viaducto y Consulado, además de las plantas ubicadas en pasos a desnivel para peatones y vehículos. En total, la red de drenaje tiene una longitud de 470.5 kilómetros, de los cuales 78.3 kilómetros corresponden a la red primaria y 392.2 kilómetros a la red secundaria.

La Delegación Cuauhtémoc, cuenta con la planta de tratamiento de aguas negras de Tlatelolco, cuya capacidad instalada es de 20 litros por segundo, operando actualmente a un promedio de 16 litros por segundo.

La infraestructura de drenaje se complementa con sifones que se utilizan para evitar daños en la construcción de otros sistemas y tanques de tormenta, destinados a captar los excedentes de las aguas pluviales superficiales y así evitar inundaciones provocadas por la insuficiencia de la red.

A pesar de que se cuenta con la infraestructura suficiente para cubrir las necesidades de la población, en épocas de lluvia se presentan todavía problemas de encharcamientos por el azolve de las redes, por dislocamientos y contrapendientes, y debido a los asentamientos sufridos por el terreno. Las colonias donde se presenta esta problemática más frecuentemente son: Ex Hipódromo de Peralvillo, Centro, Guerrero y Algarín.

---

<sup>12</sup> <http://www.cuauhtemoc.df.gob.mx/paginas.php?id=entorno>, junio 2012

Una solución a largo plazo para optimizar el funcionamiento de la red de drenaje y controlar la contaminación del suelo, sería la de separar el drenaje pluvial, del drenaje sanitario, con la gran ventaja adicional del posible aprovechamiento del agua pluvial para el riego de espacios abiertos.

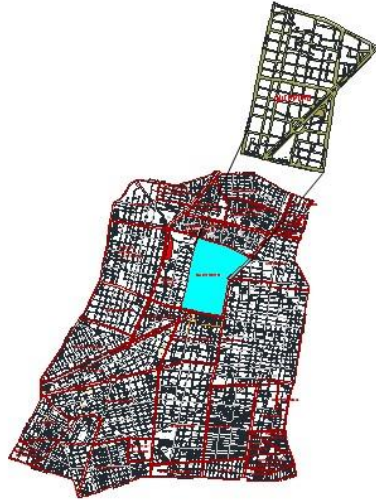
Energía Eléctrica: La totalidad del territorio cuenta con infraestructura de energía eléctrica; y el 98.8% de las viviendas particulares cuenta con este servicio.

El nivel de servicio de Alumbrado Público es satisfactorio y en general, es mejor que en el resto del Distrito Federal, siendo regular el servicio.

### 3.2 LA COLONIA GUERRERO

La actual colonia Guerrero se localiza en la Delegación Cuauhtémoc de la ciudad de México, al oeste de Tepito. Alfonso Caso en (los barrios antiguos de Tenochtitlan y Tlatelolco) al norte con la calzada de Nonoalco, y al poniente con Insurgentes norte<sup>12</sup>, siendo de suma

importancia considerar que cuenta con una rica historia desde su fundación.



*Ilustración 12 Plano de ubicación de la colonia Guerrero. ([http://www.bibliocad.com/biblioteca/delegacion-cuauhtemoc\\_6374](http://www.bibliocad.com/biblioteca/delegacion-cuauhtemoc_6374), febrero2011).*

En lo que ahora es la colonia Guerrero ya había asentamientos prehispánicos, sin embargo es en 1755 que se construye el convento e iglesia de San Fernando

---

<sup>13</sup> Rojas Loa O., José Antonio, Memoria de una ciudad la ZCCM 1923-2011, DEH-CNMH-INAH, 2012.

rodeada de llanos boscosos y después de haber sido expulsados los nativos de la región. Cuando se trazó la colonia Guerrero existían dos barrios habitados en sus límites: uno de origen virreinal en el ángulo sureste, conocido como barrio de Santa María la Redonda o Cuepopan, que se extendía desde el eje central hacia el oeste, a lo largo de las avenidas Hidalgo y Puente de Alvarado con su templo que data de 1524; y otro al norte, en torno al Santuario de la Virgen de los Ángeles, su actual templo data de 1808, en donde se encontraba la iglesia de Santa Catalina. En el primero existía una red de plazuelas y callejones intrincados y sin salida que formaban laberintos de pasadizos estrechos y sombríos; éstos fueron en parte destruidos para abrir las calles de Mina, Zarco, Soto, Magnolia y otras, de acuerdo con la traza de la colonia. El barrio de los Ángeles se encontraba más apartado<sup>13</sup>.

Con las reformas del presidente Juárez se expropiaron las propiedades al clero, quedando los terrenos disponibles, los cuales son adquiridos por el Lic. Rafael Martínez de la Torre quien los lotificó y puso en venta para así establecer el fraccionamiento “San Fernando”,

sin embargo el nombre que se le asignó fue el de “colonia Guerrero” ya que se buscaba descatalizar los bienes y hacer honor a los héroes de la patria<sup>14</sup>.



*Ilustración 13 Plano de la colonia Guerrero. Martínez de la Torre, Rafael, 1873, ([http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012_01_01_archive.html), marzo 2011).*

Sin embargo en el sitio existían ya otras iglesias importantes como la de San Hipólito, la de Santa María

la Redonda y la de Santa María de los Ángeles, la cual se construyó a partir de una gran inundación que duró cuatro años el cacique Isayoque reprodujo una imagen de la virgen María estableciendo así un adoratorio, el cual para 1776 dio paso a la construcción de este templo. Lo anterior es de interés ya que el caso de estudio se encuentra ubicado precisamente en el barrio de Los Ángeles, como ahora se le conoce.



El Santuario de Ntra. Sra de los Angeles en vísperas de celebrarse las famosas "Luces de los Angeles" (Año de 1928).

*Ilustración 14 Iglesia de Nuestra Señora de los Ángeles. (Manuel Ramos, 1928, Fototeca CNMH, INAH 2005),*

<sup>14</sup> [http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012_01_01_archive.html)

De igual manera se contaba ya con los terrenos de Buenavista pertenecientes a Manuel Escandón y que serían destinados a la estación ferroviaria, las vías, los cuales fueron inaugurados en 1873, y sus alrededores para bodegas de almacenamiento, un hotel y todo lo que fuera necesario para el ferrocarril que conectaría a la Ciudad de México con el puerto de Veracruz.



*Ilustración 15 Estación ferrocarrilera de Buenavista. (INAH, 2005).*

Algunas distinguidas familias aristócratas adquirirían sus lotes, para construir en ellas sus lujosas mansiones; pero otros más, lo conformaron los recientes inmigrantes que llegarían a la ciudad de México para buscar trabajo. Familias humildes que ofrecerían su fuerza de trabajo y

---

<sup>15</sup> [http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012_01_01_archive.html), mayo 2013

que costarían el pago de un lote o quizás el de una renta, para poder vivir en la capital de la república.

Los lotes comenzaron a venderse en 1873 pero no fue sino hasta el 2 de abril de 1886 que el presidente Porfirio Díaz inaugurara el nuevo fraccionamiento llamado “colonia Guerrero” el cual contaba con la plaza y tianguis. El 2 de abril, el cual se convertiría en el mercado Martínez de la Torre, se instalaron tomas de agua, de drenaje y se inauguró el cruce de las calles Guerrero y Mosqueta<sup>15</sup>.



*Ilustración 16 Mercado Martínez de la Torre. (INAH, 2005).*

Un año después de esta majestuosa inauguración, vendría otro acontecimiento importante; la construcción de la primera Iglesia católica de la Colonia. Ya existían las iglesias de los Ángeles y la de San

Fernando, pero éstas eran insuficientes para atender el culto católico de los nuevos inmigrantes de la Colonia, además de que se habían construido antes de la fundación del fraccionamiento. Fue así como aquel 22 de mayo de 1887, visitaría la Colonia el Dr. P. José María Cazares Obispo de Zamora, en compañía de Manuel Escandón apoderado de Ferrocarril Mexicano y de Concepción Cuevas, Viuda de Martínez de la Torre, para colocar la primera piedra de la que sería la Iglesia de Inmaculada Corazón de María. Obra arquitectónica de Ismael Rego.



*Ilustración 17 Iglesia de Inmaculada Corazón de María. (<https://miquelacostav.files.wordpress.com/2011/01/img00304-20101230-1150.jpg>, mayo 2013).*

---

<sup>16</sup> [http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012\\_01\\_01\\_archive.html](http://esquivel-zubiri.blogspot.mx/2012_01_01_archive.html), mayo 2013

### 3.3 LAS VECINDADES

La manera de abordar la vivienda si bien es de manera formal en este apartado, también es de manera económica, sin embargo lo más representativo es la manera social, ya que es de esta manera en que las personas se arraigan al lugar, forma muy particular que existe en las vecindades.

La vivienda en la colonia Guerrero comienza con la lotificación establecida por Martínez de la Torre para su compra-venta, estos lotes comenzaron a pertenecer a familias adineradas y de igual forma a trabajadores que emigraban del interior de la república mexicana a la capital con la esperanza de encontrar trabajo, lo que tuvo mayor auge con la inauguración del ferrocarril, como ya se mencionó en el apartado anterior<sup>16</sup>.

Con el crecimiento del comercio en el primer cuadro de la ciudad de México, los trabajadores fueron expulsados hacia la periferia de la ciudad asentándose en el fraccionamiento ya establecido, las familias adineradas buscaron otros lugares para asentarse, dejando sus

casas abandonadas y dando lugar al nacimiento de nuevas colonias.

Estas casas fueron aprovechadas por la gente de escasos recursos, los cuales terminaron asentándose en los cuartos que ofrecían las viviendas existentes, lo que provocó asinamientos y falta de infraestructura. Estas casonas se subdividían en pequeños cuartos que constituían una vivienda y en donde se adaptaba una pequeña cocina, mientras el agua, los baños y los lavaderos se concentraban para su uso colectivo.

A diferencia del barrio de los Ángeles, en el cual los asentamientos humanos ya eran de obreros desde un principio. Es aquí en donde se presenta otra modalidad de vecindad construida ex profeso para dar alojamiento a los grupos de población pobre. En este caso, la vecindad se conforma por una hilera de cuartos de reducidas dimensiones conectados a un patio central en donde se localiza la toma de agua, los baños y lavaderos comunes. Finalmente, podríamos identificar otro tipo de vecindades: aquellas en las que las familias, a través de la autoconstrucción con materiales precarios, van

edificando viviendas de un cuarto, muchas veces distribuidas sin orden aparente, pero que conservan el concepto espacial del patio común a partir del cual se accede a las viviendas<sup>17</sup>.

Es importante resaltar que en la historia habitacional de México ha habido una diversidad de tipologías de vecindades y en ellas podemos identificar elementos comunes que las caracterizan. Entre ellos destaca el que la vivienda, como tal, se conforma por uno (y a veces dos) cuartos en donde se lleva a cabo las diferentes actividades domésticas de las familias (comer, descansar, vestirse, asearse, preparar alimentos, etcétera). Otra característica es la ausencia de servicios o el uso compartido de éstos; y finalmente, una particularidad fundamental es la presencia de un patio común, en el que se localizan los lavaderos y en algunos casos las tomas de agua y los sanitarios. Estas características le imprimen cierta peculiaridad a la forma de vida que se da en la vecindad y a las relaciones que sus habitantes establecen entre sí.

---

<sup>17</sup> Hernández Losano, Ana Valeria, *Vecindades en la ciudad de México; La estética de habitar*, Centro de Cultura Casa Lamm, 2013



Es aquí en donde el diario convivir refuerza la convivencia social con todo lo que implica, hermandad, apoyo, unión, como también diferencias, agresión, prepotencia entre otros, sin embargo, esta convivencia es el corazón puro de la importancia de las vecindades, es en donde se genera la característica social que ha mantenido vivas a este tipo de viviendas y por lo que adquieren relevancia para este caso de estudio<sup>18</sup>.



*Ilustración 18 Tipología de vecindad a partir de una casona burguesa. (INAH 2005)*



*Ilustración 19 Tipología de vecindad construida para este fin. (INAH 2005)*



*Ilustración 20 Tipología de vecindad de autoconstrucción. (INAH 2005).*

La tradición de espacios habitables que permitan esta interacción permanente entre espacio e individuo es una de las principales características que la vecindad heredó de la arquitectura vernácula.

---

<sup>18</sup> Hernández Losano, Ana Valeria, *Vecindades en la ciudad de México; La estética de habitar*, Centro de Cultura Casa Lamm, 2013

El paisaje urbano, su estética y arquitectura, se fue modernizando así a partir de la década de los años cincuenta, la vecindad, por supuesto, seguía presente en el ecosistema de la ciudad como uno de los pocos espacios que aún se remitía a su origen, haciendo las veces de principio regenerativo de sí misma, no por nostalgia, sino porque cada cambio y fenómeno suscitado en la periferia, el barrio y en general sobre la urbe, trasciende directamente en ella, en su cotidianidad inmaterial, pero más evidentemente, en sus formas tangibles. La ciudad actúa como uno de los principios que diversifican la arquitectura en la vecindad, pero lo hace desde fuera; generando formas específicas que responden a la perpetua interacción entre ambos organismos, aunque en realidad su cotidianidad entera es intervenida en el proceso de ésta interacción –y por tanto únicamente perceptible desde una dimensión sensible – hay definitivamente formas arquitectónicas que han dejado un rastro material tanto de la simbiosis ciudad-vecindad, como de la autonomía de ésta. La doble configuración en su arquitectura –una parte desde el tránsito de su exterioridad, otra desde la intimidad de su interior –es parte esencial de su diversificación, que permite que esa dimensión sensible, carente de materialidad, se convierta en algo concreto y perceptible.

Según el padrón de 1890, vivían en el fraccionamiento 31,255 personas, densidad de población muy alta si se compara con la colonia Santa María que estaba habitada en ese mismo año por sólo 6,000 residentes; de ellos, la población ocupada era de 12,840 individuos.

Ya desde entonces la composición del barrio era proletario, pues el 43.66% del total de su población eran obreros y artesanos; sobresaliendo los trabajadores de la construcción, quienes alcanzaban un 12.22% del total; les seguían con un 6.33% los carpinteros; con un 6.21% los trabajadores textiles; un 4.77% de jornaleros; artesanos del cuero, en su mayoría zapateros, con un 3.86%; mientras que los del metal, eran el 3.33%; también vivían en el barrio algunos panaderos (1.79%); cigarreros y pureros (1.06%), y algunos mecánicos.

Otra característica importante de las vecindades es su arrendamiento, se cobraba una módica cantidad a los obreros por la cantidad de cuartos que habitaban y se veían obligados a pagar los impuestos correspondientes por ocupar una vivienda, lo que no necesariamente les

garantizaba que contaran con todos los servicios básicos para el buen vivir<sup>19</sup>.

Esto tuvo como consecuencia que los habitantes de la colonia se unieran y fueran abasteciendo poco a poco, de acuerdo a sus recursos los servicios tan necesarios como agua y gas. Lo que ocasionó que los habitantes se sintieran en gran parte propietarios de los espacios.

Ya que la colonia contaba con ciertos servicios y los propietarios hacían de las rentas su modo de vida, los ocupantes de estas vecindades se vieron obligados a pagar más dinero por el mismo espacio de vivienda a pesar de que tampoco contaban con mantenimiento de las viviendas, lo que ocasionó una huelga de trabajadores por lo que muchos de ellos fueron expulsados de sus viviendas para evitar nuevos enfrentamientos.

Es por este motivo que surgen sindicatos formados por los mismos obreros para defender sus derechos, estos se fueron modificando de acuerdo a los intereses de

cada quien dando origen a diferentes movimientos que sólo buscaban garantizar el buen vivir.

Estos movimientos son de suma importancia en la consolidación de la colonia, y que arraiga y hacen más fuertes los lazos sociales que unen a los habitantes de esta colonia desde entonces hasta nuestros días.

Veintitrés años después, un 24 de diciembre, Miguel Alemán emitiría el último decreto de congelación de rentas expedido para paliar los efectos de la inflación desatada por la segunda guerra mundial. Estos decretos formaron un sistema de rentas bajas en muchas colonias del centro capitalino, incluida la Guerrero. Fueron tan importantes para la colonia esos decretos, que 30 años después, en el barrio de Los Ángeles, el 22% de las vecindades se encontraba todavía bajo el régimen de rentas congeladas.

La ley de arrendamientos congelados ha mantenido los alquileres al mismo precio desde la década de los cuarenta y prohíbe la terminación del contrato contra la voluntad del inquilino. Tal prohibición afectó el precio

---

<sup>19</sup> Esquivel Hernández, María Teresa, El uso cotidiano de los espacios habitacionales: De la vecindad a la vivienda de interés social en la

ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2013.

potencial de los terrenos, por la resistencia de los inquilinos a desocupar sus viviendas, para permitirles vender a los caseros.

En el barrio de los Ángeles se estableció la cooperativa Cohuatlan apoyada por los sacerdotes de la parroquia de Nuestra Señora de los Ángeles y vecinos que buscaban la unión para exigir sus derechos, mantenerse unidos para evitar el abuso del gobierno y sobre todo, evitar el desalojo.

La estructura social del barrio cambiaba debido a la desaparición de varias estaciones de ferrocarril, de la aduana y los patios de reparación de Nonoalco; de esta manera, la colonia perdió progresivamente su carácter propiamente obrero aunque no proletario.

Sin embargo la unión vecinal de todos aquellos que permanecían en la colonia no cejó y para 1975 nace la Unión de Vecinos de la Colonia Guerrero (UVCG), la cual existe hasta nuestros días.

Con los sismos de 1985 era difícil delimitar el grupo de damnificados. Primero fueron los moradores de los

edificios desplomados y evacuados y los habitantes de las vecindades derruidas.

El mito de una población individualista e indiferente se vio, por lo menos, acotado por la solidaridad y la convivencia vecinal, que no corresponden únicamente a los momentos agudos de emergencia, ni a resabios del pasado en vías de extinción, sino a una realidad cotidiana con gran potencia de desarrollo. y los funcionarios. El mito de los capitalinos desarraigados quedó contestado por la defensa popular de los barrios; la puesta en marcha de la memoria colectiva, que tiende sus propios puentes entre la historia y la reconstrucción de cada zona; el orgullo de ser tepiteño o tlatelolca.

Emergieron, después de los sismos, nuevas fuerzas sociales que frenan las posibilidades de dar rienda suelta al reuso especulativo de los terrenos. Si los inquilinos venían resistiendo desde hace tanto tiempo de manera cotidiana y más bien dispersa, ahora se trata de la acción concentrada en el tiempo de medio millón de damnificados en defensa de la vivienda popular, que cuentan con un consenso social significativo en apoyo de sus demandas y, una parte de ellos al menos, con organizaciones beligerantes e imaginativas. Si bien los especuladores y las organizaciones vecinales marcan

una dinámica, no son las únicas fuerzas actuantes en la redefinición de la ciudad de México después de los sismos. Porque el proceso tiene también una “estática”, a la que contribuyen los programas estatales de austeridad, los escasos recursos económicos y las dificultades para constituirse en un contingente actuante de algunos de los grupos de damnificados, y el carácter selectivo y gradual con que operan los cambios en los usos del suelo, precedidos por las expectativas de especulación y la actividad de las empresas constructoras, incapaces de sumergir a toda la ciudad de México bajo una misma oleada.

La disputa por la redefinición del espacio urbano ha sido especialmente aguda y explícita en los casos de la unidad habitacional Nonoalco-Tlatelolco y de las vecindades. Aunque éstas no son las únicas formas de vivienda popular que existen en el centro de la ciudad, en ellas, a diferencia de los edificios de departamentos privados, también dañados por los sismos, se ha llegado a configurar una problemática precisa y reconocida públicamente y, lo que es más importante, un fuerte movimiento vecinal.

Con los sismos, con una tragedia y una lucha vividas en común, comenzó un renacimiento de la vida vecinal. La

gente se conoció en las labores del rescate, en los campamentos, en las asambleas, en las manifestaciones y en las entrevistas con los funcionarios.

A una semana de los sismos se realizó la primera marcha de los damnificados de las colonias Morelos, Guerrero, Centro, Santa María y Tepito; circularon los primeros boletines de prensa donde se exigía la distribución directa de la ayuda recabada nacional e internacionalmente entre los habitantes de las colonias populares; y se hizo pública la demanda central y común a todos los moradores de las vecindades: la reparación de sus viviendas y la permanencia en los mismos terrenos que venían ocupando.

La amplia defensa de las vecindades y de la vida en los barrios enfatizaba el propósito de conservar un tipo de vivienda que los damnificados ya tenían y que pueden pagar. Pero más allá de una cuestión estrictamente

económica, está la defensa de una forma habitacional distinta<sup>20</sup>.

No habría que entender a las vecindades como sinónimo de habitación tugarizada. Se trata de una alternativa de vivienda popular surgida desde el siglo XVIII, donde el espacio se organiza dentro de una unidad cerrada y las habitaciones familiares rodean un patio común que alberga los servicios colectivos. Las vecindades, por su carácter multifamiliar, han mostrado una gran resistencia ante los procesos especulativos y de cambio en los usos del suelo; también han mantenido la flexibilidad suficiente para adaptarse a las peculiares necesidades de sus ocupantes. Entre ellos, la ausencia de un empleo estable y de ingresos suficientes ha reforzado a las familias —más o menos extensas— como organizadoras de las estrategias de sobrevivencia, y sólo la suma de las percepciones de sus integrantes, dedicados a diferentes actividades, permite al conjunto salir adelante. La combinación de ocupaciones imprime su sello al espacio urbano, donde el lugar de vivienda es inseparable del entorno en que se desarrolla la

---

<sup>20</sup> Duhau, Emilio, Estudios demográficos y urbanos, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2010.

producción artesanal, el pequeño comercio —ambulante o estable— y la prestación de servicios.

Contra las vecindades se alega el hacinamiento, y es cierto que la falta de espacio es un problema grave. Pero también es cierto que este problema no se resuelve metiendo un par de tabiques que atraviesan los 30 metros cuadrados de los “pies de casa” o de los minúsculos departamentos de interés social que ofrecen tanto las instituciones oficiales como las constructoras privadas. En todo caso, el problema del espacio en las vecindades no depende únicamente de la vivienda familiar, sino que se cuenta con el patio como un espacio de transición entre las áreas públicas y las privadas, y que llega a albergar desde los talleres artesanales hasta los juegos infantiles, desde las fiestas hasta el intercambio cotidiano entre los vecinos.

En el otro extremo, tampoco habría que idealizar las vecindades. Por una parte porque la falta de mantenimiento es lo que, efectivamente, las puede aproximar al tugurio; y por otra porque el término vecindad, que históricamente había designado un

modelo de habitación popular capaz de cumplir con su cometido, se ha llegado a aplicar indiscriminadamente a cualquier agrupamiento de cuartos redondos que dan a un pasillo, dejando de lado la existencia de un patio, de servicios y de las condiciones que hagan habitable el área unifamiliar. Lo que sucede es que históricamente se ha degradado la habitación popular y con ella el concepto mismo de vecindad, que sugiere no el deterioro, sino la posibilidad de combinar los usos colectivos y privados de los espacios, extendiendo el concepto de vivienda más allá del área que ocupa cada familia, y no circunscribiéndolo a un puro amontonamiento de cuartos redondos. El deterioro de las vecindades construidas originalmente como tales y el surgimiento de otras nuevas, que aparecieron ya como viviendas degradadas, está ligado a dos procesos que rigen el desarrollo del centro: la especulación, que avanza predio por predio desalojando a los inquilinos e introduciendo cambios en los usos del suelo; y la acción de los fabricantes y comerciantes que fundan parte de sus ganancias en la propia tugurización, aprovechando los bajos precios que pagan por los talleres y bodegas y la abundancia y el reducido costo de la mano de obra.

Los sismos de septiembre pusieron en peligro este complejo mundo de las vecindades. No sólo por los

daños inmediatos que provocaron en ellas, sino por los procesos que podrían desatarse en toda la zona una vez que su frágil equilibrio se había alterado. Estaban en juego un inmenso problema habitacional y ocupacional y la red de historias y relaciones sociales que permiten la sobrevivencia de grandes masas capitalinas. No sólo: estaba en juego un poderoso y creciente movimiento vecinal, que empezó a expresarse de inmediato, que ya había puesto en evidencia la incapacidad del régimen para hacer frente a una situación de emergencia y que desafiaba, con propuestas y demandas propias, los intereses encaminados a aprovechar la destrucción de viviendas para acelerar el proceso de expulsión del centro de los inquilinos de escasos recursos. Esta situación explica la decisión gubernamental de expedir un decreto expropiatorio sobre una gran cantidad de los predios donde había vecindades dañadas.

Como complemento del decreto y para emprender la reconstrucción en los predios expropiados, se anunció el programa de Renovación Habitacional Popular. Puede decirse que éste, calculado para atender entre 40 y 45 familias de damnificados, apenas ronda la punta del iceberg de la problemática de las vecindades. Los datos que los propios damnificados aportan sobre la situación de sus viviendas indican que dicho programa no llega a

atender siquiera a la mitad de las vecindades dañadas por los sismos. A esto hay que agregar las dificultades que introduce la propia operación del programa<sup>21</sup>.

Las agrupaciones vecinales han avanzado en la definición de propuestas intermedias, como son la integración de brigadas de autoconstrucción que permitan a los desempleados del propio barrio encontrar un trabajo socialmente útil y por el cual se les pague un salario; o bien la operación de empresas privadas bajo la vigilancia de los vecinos, que habrán de definir el tipo de vivienda que quieren y que pueden pagar. En otros casos —en las colonias Doctores, Morelos, Tepito, Guerrero— los damnificados, asesorados por equipos de universitarios de la UAM, UNAM y Politécnico, cuentan con proyectos de rehabilitación para algunos centenares de vecindades y se proponen administrar directamente los recursos financieros ofrecidos por el programa de Renovación Habitacional.

El decreto expropiatorio primero y el programa de Renovación Habitacional después generaron grandes

---

<sup>21</sup> Duhau, Emilio, Estudios demográficos y urbanos, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2010.

expectativas entre los damnificados, pero introdujeron también una gran incertidumbre. Las amplias movilizaciones de octubre y noviembre de 1985 amainaron a finales de año. Los barrios más organizados y beligerantes —Tepito, la Guerrero, la Morelos— resultaron especialmente favorecidos por los proyectos oficiales, y la movilización global de los damnificados experimentó el retraimiento relativo de los que habían sido los contingentes más dinámicos. El tiempo de espera, que dura ya desde noviembre de 1985 hasta febrero de 1986, está sostenido sobre una mezcla contradictoria de confianza y desconfianza.

La base de la vecindad es la convivencia social que se da dentro y fuera de ella, las costumbres y el arraigo que presentan sus usuarios, sin embargo, en su forma arquitectónica y urbana ha ido presentando cambios, cambios que no siempre han sido para beneficio de nadie y esto aunado a los acontecimientos sismológicos de 1985, las vecindades sufrieron cambios en su estructura conceptual debido a que los inquilinos ya no pagarían renta, serían propietarios de sus espacios dando origen a la vivienda de interés social.



Esta diferencia es la que marca de manera catastral y demográfica a la vecindad convirtiéndola en vivienda de interés social, la cual responde a las mismas necesidades que la vecindad, son viviendas que cuentan con patios centrales o comunales, cuartos de habitación con las medidas mínimas, cuentan con los servicios dentro de las mismas y ya se les incluye un pequeño comedor y estancia, sin embargo el dimensionamiento básico es el mismo al que corresponde a una vecindad, los inquilinos, en un principio, eran los mismos y quienes han ido heredando estas propiedades a sus hijos y ahora hasta nietos, las costumbres son las mismas y el arraigo igual de estrecho e importante como se daba en un principio<sup>22</sup>.

La vecindad se estructura desde valores específicos generados desde la misma comunidad que la construye y su estética está dada por una sensibilidad al mismo tiempo personal-subjetiva e ideológica-identitaria, dentro de la cual el proceso que la genera es igualmente necesario para comprender su estética en su totalidad.

---

<sup>22</sup> Esquivel Hernández, María Teresa, El uso cotidiano de los espacios habitacionales: De la vecindad a la vivienda de interés social en la

La vecindad es, además de una tradición persistente, identidad barrial, imágenes ciudadanas y gustos colectivos; también contenedor de formas concretas y objetuales, evidencia de su carácter tangible, tanto en su arquitectura como en las formas que son originadas y contenidas por sus espacios.

Es por ello que los inquilinos de estas viviendas de interés social continúan identificando sus viviendas como vecindades, vecindades que ahora les pertenecen y por lo cual deben de defenderlas y valorarlas de una manera más profunda que antes, porque les ha costado vivir, convivir y reconstruir su forma de habitar.

Es de esta manera que la vecindad sigue viva dentro de nuestro contexto urbano.

ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, 2013.

# CAPÍTULO 4:

*Metodología para el  
diseño en el caso de  
estudio*



## 4.1 UBICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se interrelaciona la información plasmada en los capítulos anteriores, los cuales fueron necesarios para comprender el desarrollo e interés en esta tesis y por qué se propone la utilización de los SCALL en la delegación Cuauhtémoc y el porqué del caso de estudio.

Como se menciona en el Capítulo 1, la problemática del agua en la Ciudad de México se agrava por el gran crecimiento poblacional existente lo cual se ve reflejado en la delegación Cuauhtémoc, entre otras, por ser una de las delegaciones centrales en nuestra ciudad, el cambio de uso de suelo y la redensificación programada de esta delegación ha ocasionado que la infraestructura existente sea deficiente para el abastecimiento continuo de agua para todos los habitantes de esta región.

Se propone la utilización de los SCALL ya que se ha podido analizar que es un sistema que requiere de un bajo presupuesto por aprovechar las superficies de captación de agua de lluvia, como lo son las losas de azotea, sin necesidad de implementar sistemas costosos para la obtención de agua que cubran las necesidades

de los habitantes, y debido a que se cuenta con una temporada pluvial basta en la ciudad de México, la cual permite el aprovechamiento de esta agua evitando ser desperdiciada como se lleva a cabo actualmente.

Tomando en cuenta la calidad de agua de lluvia se ha podido comprender que a pesar de que sea ácida es el agua más limpia y pura que podemos obtener en la ciudad, lo cual hace que la metodología a utilizar para su potabilización no sea tan costosa como lo es el caso de la reutilización y tratamiento de aguas grises y negras.

El filtro que se propone a base de carbón activado a base de coco, como se ha podido estudiar, es un filtro de bajo costo y de producción nacional, este filtro garantiza el buen olor, sabor y color del agua de lluvia a tratar, y es posible diseñar un modelo de filtro que se adecúe en las tuberías de BAP que dirijan el agua hacia una cisterna donde se requerirá de recirculación del agua y dos gotas de cloro por cada litro de agua captada para garantizar que se pueda tomar.

Este tipo de filtro y el sistema propuesto es el más sencillo, accesible y barato en comparación de todos los sistemas estudiados en el capítulo 3 y además de lo

anterior, garantiza la buena calidad del agua para cubrir las necesidades primarias de los usuarios.

Es por ello que el caso de estudio se centra en esta delegación para que sirva de ejemplo con la implementación de los SCALL y los filtros de carbón activado en las demás delegaciones de la Ciudad de México y Zona Metropolitana para así poder garantizar el abastecimiento de agua a toda la población sin necesidad de sobre explotar los abastecimientos de agua actuales que surten éste líquido a la región mencionada y de bajo costo.

El caso de estudio, por las dimensiones de la delegación se delimita a la Colonia Guerrero y en específico al barrio de los Ángeles y a sus viviendas de interés social, que como se ha podido estudiar en el capítulo 3, siguen siendo consideradas vecindades por el valor de arraigo que los usuarios les confieren.

Se encuentra ubicado en la calle de Félix U. Gómez 37 con las coordenadas 19° 26' 55.28" N y 99° 08' 20.15" O, siendo un predio de interés social desarrollado a partir de los sismos de 1985 para poder dar vivienda a una parte de las familias damnificadas por este evento,

dichas familias son de nivel medio, medio bajo y no cuentan con una cultura en el ahorro de agua.

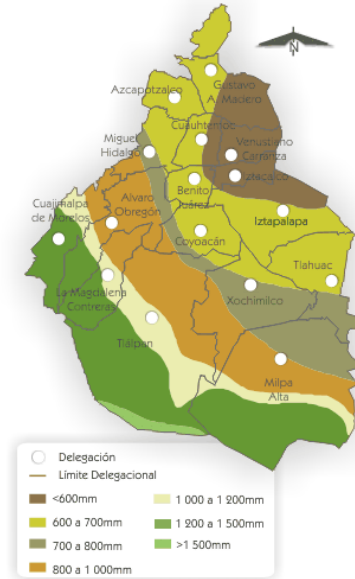


Ilustración 21 Plano de isoyetas del Distrito Federal. (<http://www.iztapalapa.df.gob.mx/htm/geografia.html>, febrero 2010).

Es necesario la ubicación de la delegación Cuauhtémoc dentro del plano de isoyetas del Distrito Federal debido a que de esta manera es posible conocer la precipitación



## 4.2 CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE ESTUDIO

El predio de Félix U. Gómez 37 presenta 5 edificios de dos niveles que albergan diferentes cantidades de departamentos debido a que sus dimensiones son irregulares, presenta un patio central interrumpido por el bloque central de departamentos y en donde los usuarios conviven de acuerdo a las características de vecindad que ya se ha estudiado. Las familias que viven en el predio presentan diferentes características, ya que hay familias numerosas o de un solo miembro habitando los departamentos.

Estos, en algunos de los casos, ya han sido heredados hasta en dos generaciones de los dueños originales que han venido a desdibujar el respeto por la lucha para lograr la adjudicación de los departamentos y el respeto al mismo predio. Esto conlleva a la falta de mantenimiento del lugar y a la falta de cultura por el ahorro del agua, entre otras. Sin embargo los propietarios originales se esfuerzan por inculcar a las nuevas generaciones este valor intangible que caracteriza a las vecindades.

El caso de estudio sufre de desabastecimiento de agua en los tiempos de estiaje, sobre todo por la reensificación de la colonia, en donde se han construido gran cantidad de edificios plurifamiliares los cuales recrudecen la falta de agua en esta temporada. De igual manera la dotación de agua disminuye cuando el sistema Lerma – Cutzamala recibe mantenimiento, ya que esta colonia se abastece del sistema antes mencionado.

El predio cuenta con cisternas para agua potable las cuales garantizan el líquido mientras este no comience a escasear.

Para poder garantizar el abastecimiento de agua durante todo el año es posible captar agua de lluvia en las losas de azotea de cada uno de los bloques de departamentos que comprenden este predio y de igual manera se puede colocar la cisterna pertinente para el almacenamiento del agua captada. Las instalaciones existentes pueden ser aprovechadas ya que el desagüe de estas da al patio y se desahoga en el alcantarillado de las aguas residuales.



Ilustración 24 Vista aérea del caso de estudio. (Google earth, enero 2015)



Ilustración 25 Perspectiva aérea del predio. (Google earth, enero 2015)

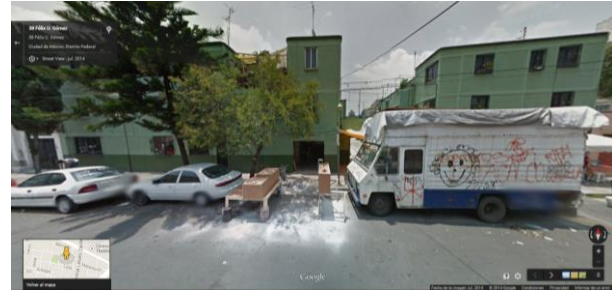


Ilustración 26 Fachada exterior del predio. (Google earth, enero 2015)

Cada vivienda cuenta con dos niveles, área para cocina, comedor y baño en un nivel y otro con patio de servicio y área de recámaras, cabe mencionar que el área para las recámaras es abierta, es decir, no se cuenta con división alguna que defina la cantidad de habitaciones que los mismos usuarios necesiten o puedan ocupar.

A pesar de cubrir las necesidades básicas de vivienda no evita el hacinamiento, las familias van creciendo y para los menos favorecidos económicamente deciden vivir con sus padres y también con su pareja e hijos, lo que ocasiona que los espacios no sean suficientes para garantizar el buen vivir y mucho menos, el buen convivir,

ya que los menores de edad se relacionan en el patio y es ahí donde también se resuelven problemas.

#### 4.2.1 PLANOS DEL SITIO

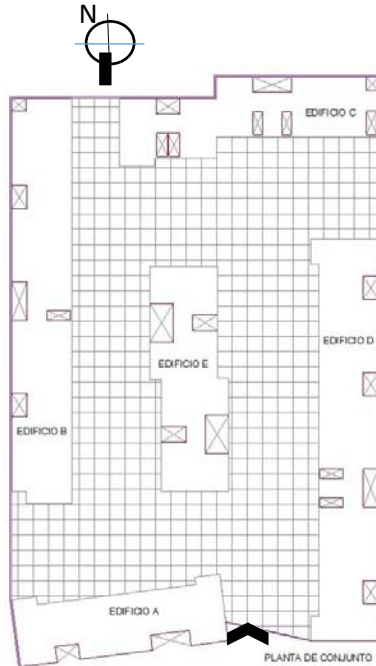


Ilustración 27 Plano de conjunto. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

El acceso al predio se orienta al sur y a manera de aprovechar el terreno se construyeron cinco edificios de diferentes dimensiones los cuales tienen diferentes cantidades de viviendas, estas viviendas cuentan con dos niveles y se encuentran espejeadas tanto de manera horizontal como vertical.

Los servicios se encuentran dentro de cada vivienda, sin embargo el patio continúa siendo el núcleo de convivencia social característico de las vecindades.

El predio no cuenta con lugar para automóviles, sin embargo el patio alberga bicicletas y motocicletas pertenecientes a algunos habitantes.

Las áreas comunes como pasillos también se utilizan para el tendido de ropa y convivencia social.

El edificio A y D cuentan con locales comerciales de pequeñas dimensiones ya que tienen acceso al exterior del predio, uno de estos locales es una carpintería, otro de ellos es un taller de bicicletas y el más pequeño es una cocina económica pertenecientes los tres a habitantes del predio.

A continuación se presentan los planos de cada edificio.



**EDIFICIO A (Área de azotea = 128.73 m<sup>2</sup>)**

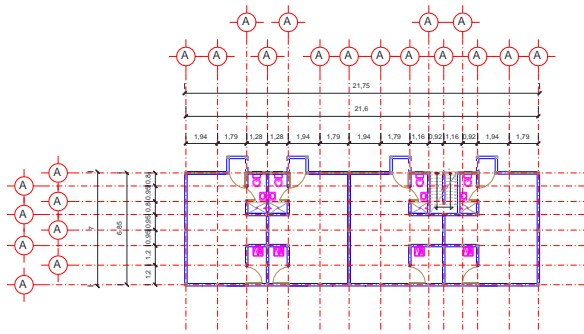


Ilustración 28 Planta Baja edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014).

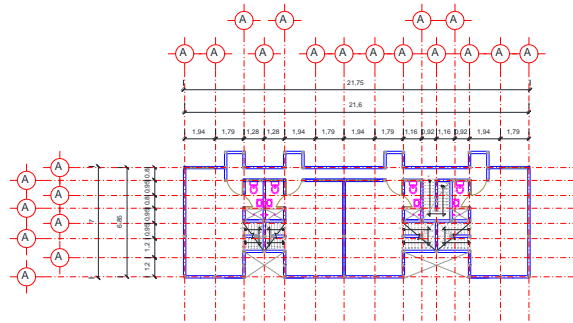


Ilustración 29 Primer Nivel edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

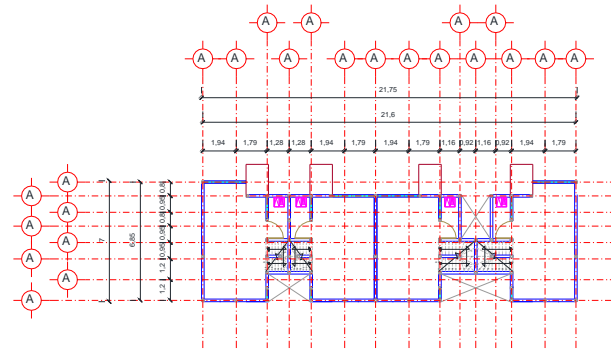


Ilustración 30 Segundo Nivel edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014).

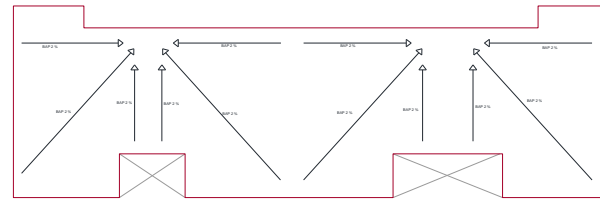


Ilustración 31 Planta de Azotea edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

**EDIFICIO B (Área de azotea = 240.51 m<sup>2</sup>)**

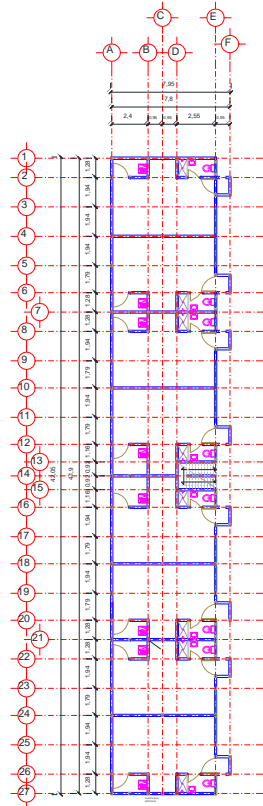


Ilustración 32 Planta Baja edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

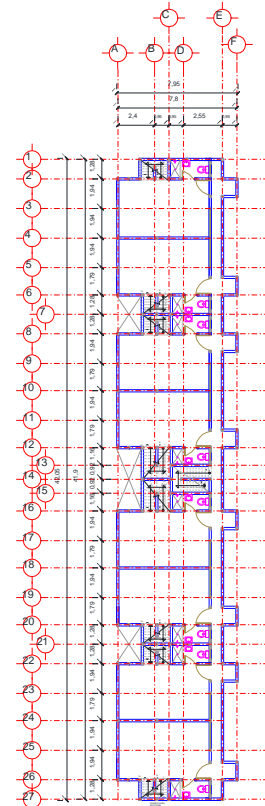


Ilustración 33 Segundo Nivel edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

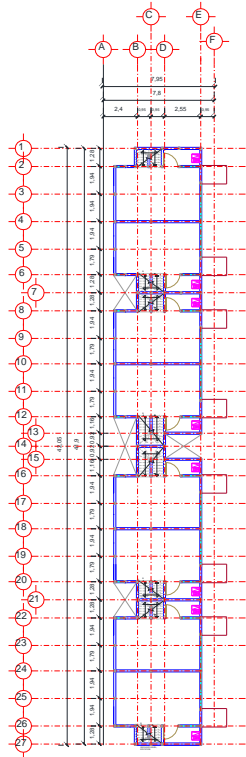


Ilustración 34 Segundo Nivel edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)



Ilustración 35 Planta de Azotea edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

**EDIFICIO C (Área de azotea = 145.90 m<sup>2</sup>)**

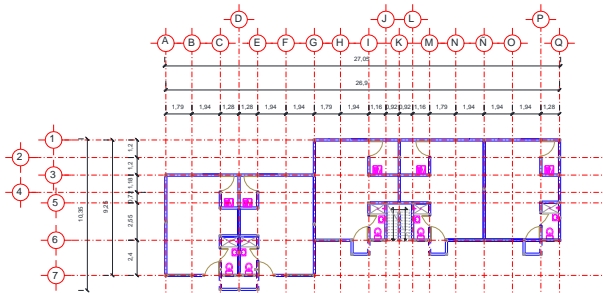


Ilustración 36 Planta Baja edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

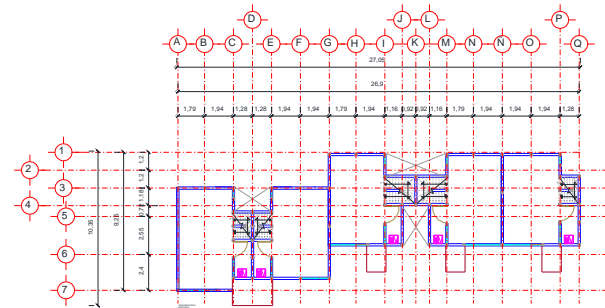


Ilustración 38 Segundo Nivel edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

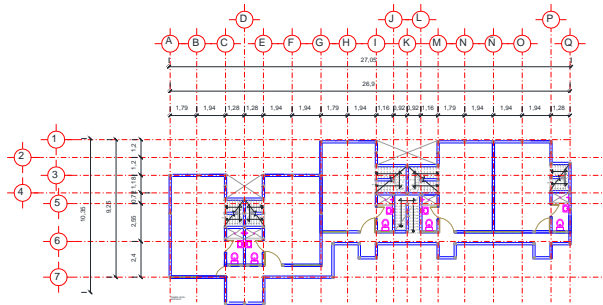


Ilustración 37 Primer Nivel edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

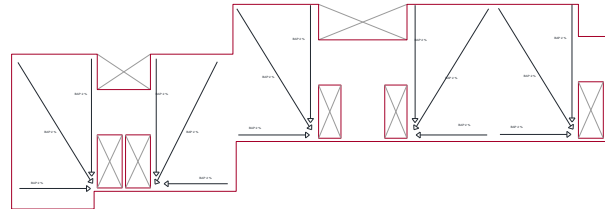


Ilustración 39 Planta de Azotea edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

**EDIFICIO D (Área de azotea = 235.74 m<sup>2</sup>)**

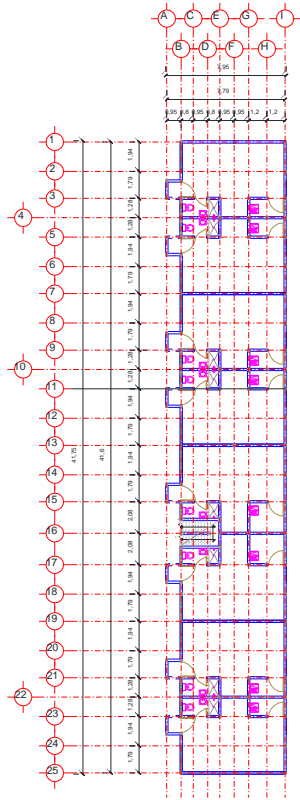


Ilustración 40 Planta Baja edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

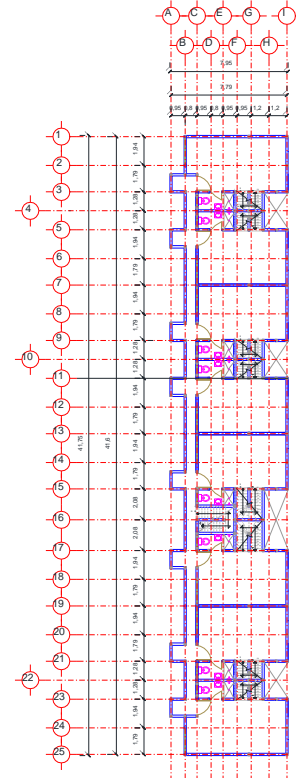


Ilustración 41 Primer Nivel edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

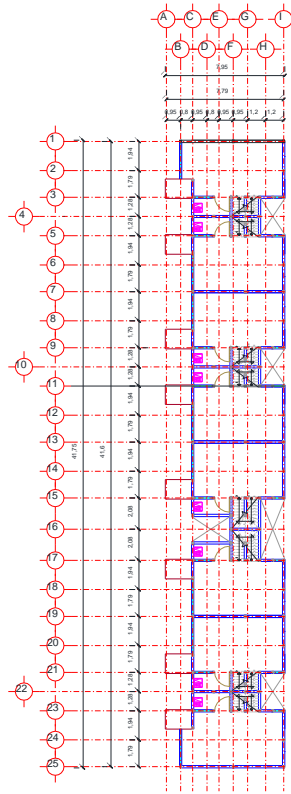


Ilustración 42 Segundo Nivel edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

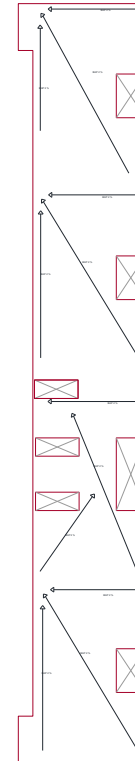


Ilustración 43 Planta de Azotea edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

**EDIFICIO E (Área de azotea = 135.86 m<sup>2</sup>)**

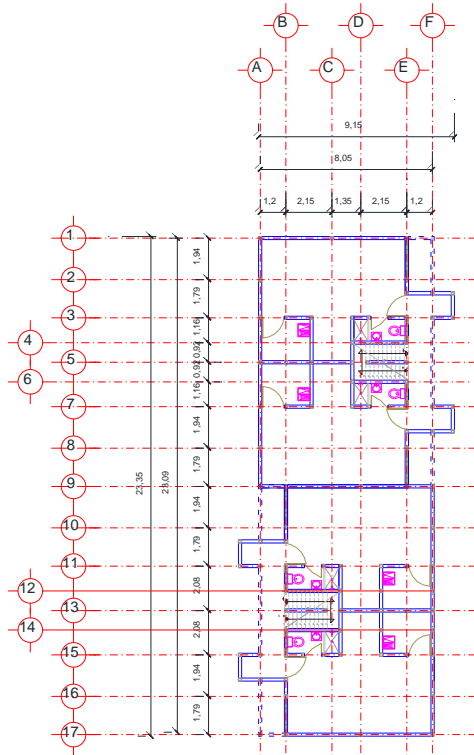


Ilustración 44 Planta Baja edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

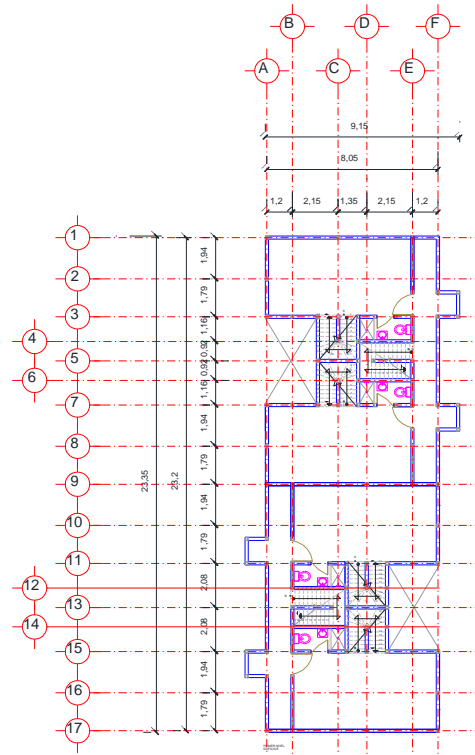


Ilustración 45 Primer Nivel edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

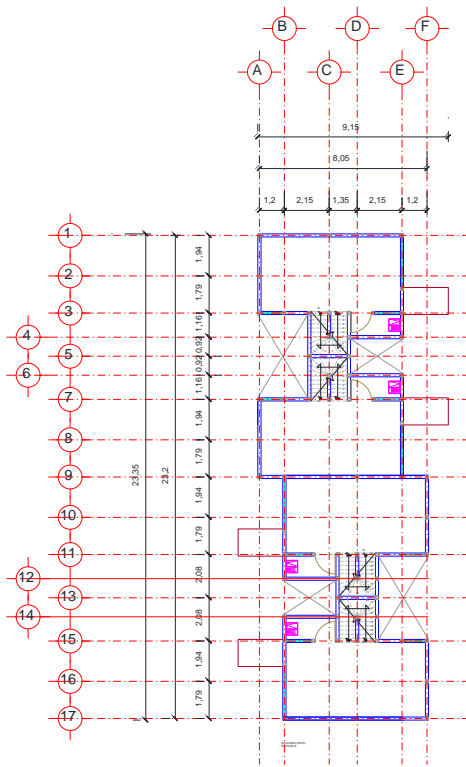


Ilustración 46 Segundo Nivel edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)

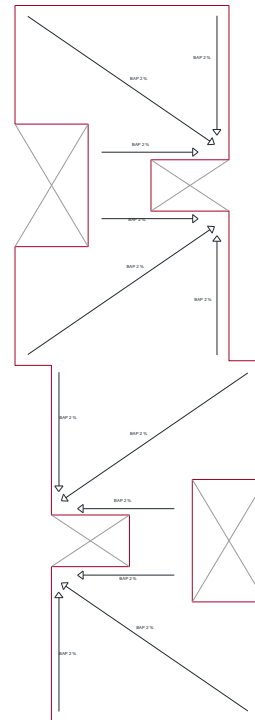


Ilustración 47 Planta de Azotea edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, noviembre 2014)



### 4.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

Para poder conocer la cantidad de agua que se consume en el predio es necesario determinar la demanda de agua, lo que también servirá para realizar la comparativa entre el agua potable que se requiere en el predio y la cantidad de agua de lluvia que se puede captar y comprobar que con los SCALL se puede cubrir la demanda de agua del predio.

Determinar la demanda, es estimar mediante la aplicación de un método óptimo el consumo promedio diario y el consumo máximo probable de agua de una red.

La determinación de la demanda es muy importante debido a que a partir de ésta se establece la capacidad o tamaño de todas las partes del sistema de suministro de agua. La tasa de cambio en la demanda es obviamente inconveniente para el diseño del sistema adecuado a las necesidades de la edificación, ésta puede llegar a aumentar desde un mínimo (DEMANDA MINIMA) hasta un máximo (DEMANDA MAXIMA) en un corto tiempo. Motivado a esto se hace necesario la aplicación de métodos de estimación de la demanda, que den

resultados acordes con la realidad de consumo del área o instalación(es).

El objeto principal de todos los métodos es determinar el caudal máximo probable que se puede presentar en una instalación, sin embargo, es complicado establecer dicho valor debido a que los muebles sanitarios son utilizados de forma intermitente, con frecuencias muy variadas y en diferentes tipos de edificaciones.

Población de proyecto (habitantes)	Dotación (l/hab/día)
De 2,500 a 15,000	100
De 15,000 a 30,000	125
De 30,000 a 70,000	150
De 70,000 a 150,000	200
Mayor a 150,000	250

*Tabla 2 Dotación de agua potable de acuerdo a las NTCDF*

En este caso utilizaremos el método de Hunter modificado para obtener los cálculos necesarios de demanda de agua potable, por lo que se desprende;

## EDIFICIO A

HABITACIÓN			
Modelo	Edificio A		
Depas	8		
Habitantes	x depa	4	
Población	personas	32	
Consumo	per/día	lt.	150
Consumo	x depa	600	
Consumo	día	lt.	4800
		<b>m<sup>3</sup></b>	4.8
<b>Consumo total día</b>	<b>4,800 lt</b>	<b>4.8 m<sup>3</sup></b>	
Reserva	2	9,600 lt	<b>9.6 m<sup>3</sup></b>
<b>Gasto medio anual</b>			
<b>Qm =</b>	$\frac{4,800.00}{86,400.00}$	=	<b>0.056 lt/seg</b>
<b>Gasto máximo diario</b>			
Cvd=	1.2	coef. de variación diaria	
<b>Q<sub>MD</sub> =</b>	0.06 x	1.2 =	<b>0.067 lt/seg</b>
			0 m <sup>3</sup> /seg
<b>Gasto máximo horario</b>			
Cvh =	1.5	coef. de variación horaria	
<b>Q<sub>MH</sub> =</b>	0.07 x	1.5 =	<b>0.1 lt/seg</b>
			0 m <sup>3</sup> /seg

Tabla 3 Demanda de agua edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

## EDIFICIO B

HABITACIÓN			
Modelo	Edificio B		
Depas	16		
Habitantes	x depa	4	
Población	personas	64	
Consumo	per/día	lt.	150
Consumo	x depa	600	
Consumo	día	lt.	9600
		<b>m<sup>3</sup></b>	9.6
<b>Consumo total día</b>	<b>9,600 lt</b>	<b>9.6 m<sup>3</sup></b>	
Reserva	2	19,200 lt	<b>19.2 m<sup>3</sup></b>
<b>Gasto medio anual</b>			
<b>Qm =</b>	$\frac{9,600.00}{86,400.00}$	=	<b>0.111 lt/seg</b>
<b>Gasto máximo diario</b>			
Cvd=	1.2	coef. de variación diaria	
<b>Q<sub>MD</sub> =</b>	0.11 x	1.2 =	<b>0.133 lt/seg</b>
			0 m <sup>3</sup> /seg
<b>Gasto máximo horario</b>			
Cvh =	1.5	coef. de variación horaria	
<b>Q<sub>MH</sub> =</b>	0.13 x	1.5 =	<b>0.2 lt/seg</b>
			0 m <sup>3</sup> /seg

Tabla 4 Demanda de agua edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

## EDIFICIO C

HABITACIÓN		Edificio C
Modelo		Edificio C
Depas		10
Habitantes	x depa	4
Población	personas	40
Consumo	per/día lt.	150
Consumo	x depa	600
Consumo	día lt.	6000
	m <sup>3</sup>	6
Consumo total día	<b>6,000 lt</b>	6 m <sup>3</sup>
Reserva	2 12,000 lt	12 m <sup>3</sup>
Gasto medio anual		
Q <sub>m</sub> =	$\frac{6,000.00}{86,400.00}$	= 0.069 lt/seg
Gasto máximo diario		
C <sub>vd</sub> =	1.2 coef. de variación diaria	
Q <sub>MD</sub> =	0.07 x 1.2 =	<b>0.083 lt/seg</b>
		0 m <sup>3</sup> /seg
Gasto máximo horario		
C <sub>vh</sub> =	1.5 coef. de variación horaria	
Q <sub>MH</sub> =	0.08 x 1.5 =	<b>0.125 lt/seg</b>
		0 m <sup>3</sup> /seg

Tabla 5 Demanda de agua edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

## EDIFICIO D

HABITACIÓN		Edificio D
Modelo		Edificio D
Depas		16
Habitantes	x depa	4
Población	personas	64
Consumo	per/día lt.	150
Consumo	x depa	600
Consumo	día lt.	9600
	m <sup>3</sup>	9.6
Consumo total día	<b>9,600 lt</b>	9.6 m <sup>3</sup>
Reserva	2 19,200 lt	19.2 m <sup>3</sup>
Gasto medio anual		
Q <sub>m</sub> =	$\frac{9,600.00}{86,400.00}$	= 0.111 lt/seg
Gasto máximo diario		
C <sub>vd</sub> =	1.2 coef. de variación diaria	
Q <sub>MD</sub> =	0.11 x 1.2 =	<b>0.133 lt/seg</b>
		0 m <sup>3</sup> /seg
Gasto máximo horario		
C <sub>vh</sub> =	1.5 coef. de variación horaria	
Q <sub>MH</sub> =	0.13 x 1.5 =	<b>0.2 lt/seg</b>
		0 m <sup>3</sup> /seg

Tabla 6 Demanda de agua edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

## EDIFICIO E

HABITACIÓN			
Modelo	Edificio E		
Depas	8		
Habitantes x depa	4		
Población personas	32		
Consumo per/día lt.	150		
Consumo x depa	600		
Consumo día lt.	4800		
	m <sup>3</sup>		
	4.8		
Consumo total día	4,800 lt	4.8 m <sup>3</sup>	
Reserva 2	9,600 lt	9.6 m <sup>3</sup>	
Gasto medio anual			
Q <sub>m</sub> =	$\frac{4,800.00}{86,400.00}$	=	0.056 lt/seg
Gasto máximo diario			
C <sub>vd</sub> =	1.2	coef. de variación diaria	
Q <sub>MD</sub> =	0.06 x	1.2 =	0.067 lt/seg
	0 m <sup>3</sup> /seg		
Gasto máximo horario			
C <sub>vh</sub> =	1.5	coef. de variación horaria	
Q <sub>MH</sub> =	0.07 x	1.5 =	0.1 lt/seg
	0 m <sup>3</sup> /seg		

Tabla 7 Demanda de agua edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

## 4.4 CÁLCULO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

El método para realizar el cálculo del agua de lluvia que se puede captar en cada edificio es el método racional americano ya que es el más exacto y su fórmula es la que se redacta a continuación:

$$Q_P = 2.778CIA$$

En donde:

**Q<sub>p</sub>** Gasto pluvial, en l/s

**A** Área de captación, en hectáreas.

**C** Coeficiente de escurrimiento, adimensional

**I** Intensidad de precipitación, en mm/hr

Para sustituir cada una de las incógnitas de la fórmula anterior es necesario conocer los valores de ellas; "C" e "I" se vuelven constantes en cada edificio ya que para "C" se trata del mismo material de las azoteas y este valor se obtiene de las NTCDF (Anexo B) y para el valor de "I" se trata de la misma isoyeta.

En el caso de "A" los valores cambian de acuerdo a los metros cuadrados de azotea de cada edificio.

#### 4.4.1 Intensidad de la lluvia

La intensidad de precipitación es la razón de incremento de la altura que alcanza la lluvia respecto al tiempo. Se clasifica en ligera, moderada y fuerte. La fórmula para obtener el valor de la Intensidad es la siguiente:

$$I = \frac{60h_p}{tc}$$

Donde:

**I** Intensidad de precipitación, en mm/hr

**hp** Altura de precipitación media para un periodo de retorno  $T_r$  y una duración  $d$ , en mm.

**tc** Tiempo de concentración, en min.

#### 4.4.2 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración **tc** es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más

remoto de la superficie hasta el punto de estudio. Se supone que el máximo escurrimiento se presenta en el tiempo de concentración **tc** cuando toda la superficie está contribuyendo al flujo en su salida., se calcula mediante:

$$tc = 0.0207 \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

Donde:

**tc** Tiempo de concentración, en min.

**L** Longitud desde el punto más alejado del punto de captación, en metros.

**H** Desnivel entre el punto más alejado y el punto de captación, en metros.

#### 4.4.3 Período de retorno y riesgo

En hidrología es común tratar con los conceptos de periodo de retorno y probabilidad de riesgo. El periodo de retorno o intervalo de recurrencia (en años), se define como el número de años en que en promedio se

presenta un evento de una intensidad determinada y se calcula como:

$$T = \frac{1}{P(x)}$$

Donde:

**T**... Periodo de retorno en años.

**P(x)**... Es la probabilidad de ocurrencia de un evento mayor o igual a x.

El periodo de retorno no es un intervalo fijo de ocurrencia de un evento, sino el promedio de los intervalos de recurrencia.

De la formula anterior podemos definir las siguientes expresiones básicas de probabilidad:

1. La probabilidad de que un evento  $X \geq x$  ocurra en algún año es:

$$P(x) = \frac{1}{T}$$

2. La probabilidad de que un evento X no ocurra en algún año es:

$$Q(x) = 1 - P(x) = 1 - \frac{1}{T}$$

3. La probabilidad de que X no ocurra durante n años consecutivos es:

$$Q_1(x) \times Q_2(x) \times \dots \times Q_n(x) = [Q(x)]^n = \left[1 - \frac{1}{T}\right]^n$$

4. La probabilidad R, llamada riesgo, de que X ocurra al menos una vez durante n años sucesivos o vida útil es:

$$R = 1 - [Q(x)]^n = 1 - \left[1 - \frac{1}{T}\right]^n$$

Obteniendo todos los datos anteriores, se puede proceder a realizar los cálculos correspondientes al gasto pluvial de cada uno de los edificios del caso de estudio.

Estos cálculos se representan en las siguientes tablas para cada uno de los edificios en cuestión:

## EDIFICIO A

GASTO PLUVIAL GENERADO EN EL PREDIO		
Isoyeta	30	mm/30min
Tiempo de Retorno	5	años
Duración	60	min
Factor de Ajuste	1.206	
Intensidad	36.18	mm/hr
Coef. De escurrimiento	0.85	medio
Área de azotea	0.129	ha
<b>Qp = 2.778*CIA</b>		
Qp =	11.021	lt./seg.
Tiempo de Captación	60	min
Tiempo de Captación	3600	seg.
Volumen cisterna	39,674.54	lt.
Volumen cisterna	39.67	m <sup>3</sup>

Tabla 8 Gasto pluvial edificio A. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

En un evento pluvial de 60 min se obtienen 11 litros por segundo para el edificio A en la isoyeta 30, siendo la correspondiente al predio.

## EDIFICIO B

GASTO PLUVIAL GENERADO EN EL PREDIO		
Isoyeta	30	mm/30min
Tiempo de Retorno	5	años
Duración	60	min
Factor de Ajuste	1.206	
Intensidad	36.18	mm/hr
Coef. De escurrimiento	0.85	medio
Área de azotea	0.241	ha
<b>Qp = 2.778*CIA</b>		
Qp =	20.589	lt./seg.
Tiempo de Captación	60	min
Tiempo de Captación	3600	seg.
Volumen cisterna	74,120.66	lt.
Volumen cisterna	74.12	m <sup>3</sup>

Tabla 9 Gasto pluvial edificio B. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

En un evento pluvial de 60 min se obtienen 20 litros por segundo para el edificio B en la isoyeta 30, siendo la correspondiente al predio.

## EDIFICIO C

GASTO PLUVIAL GENERADO EN EL PREDIO		
Isoyeta	30	mm/30min
Tiempo de Retorno	5	años
Duración	60	min
Factor de Ajuste	1.206	
Intensidad	36.18	mm/hr
Coef. De escurrimiento	0.85	medio
Área de azotea	0.146	ha
<b>Qp = 2.778*CIA</b>		
Qp =	12.473	lt./seg.
Tiempo de Captación	60	min
Tiempo de Captación	3600	seg.
Volumen cisterna	44,902.97	lt.
Volumen cisterna	44.9	m <sup>3</sup>

Tabla 10 Gasto pluvial edificio C. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

En un evento pluvial de 60 min se obtienen 12 litros por segundo para el edificio C en la isoyeta 30, siendo la correspondiente al predio

## EDIFICIO D

GASTO PLUVIAL GENERADO EN EL PREDIO		
Isoyeta	30	mm/30min
Tiempo de Retorno	5	años
Duración	60	min
Factor de Ajuste	1.206	
Intensidad	36.18	mm/hr
Coef. De escurrimiento	0.85	medio
Área de azotea	0.236	ha
<b>Qp = 2.778*CIA</b>		
Qp =	20.162	lt./seg.
Tiempo de Captación	60	min
Tiempo de Captación	3600	seg.
Volumen cisterna	72,582.89	lt.
Volumen cisterna	72.58	m <sup>3</sup>

Tabla 11 Gasto pluvial edificio D. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

En un evento pluvial de 60 min se obtienen 20 litros por segundo para el edificio D en la isoyeta 30, siendo la correspondiente al predio



## EDIFICIO E

GASTO PLUVIAL GENERADO EN EL PREDIO		
Isoyeta	30	mm/30min
Tiempo de Retorno	5	años
Duración	60	min
Factor de Ajuste	1.206	
Intensidad	36.18	mm/hr
Coef. De escurrimiento	0.85	medio
Área de azotea	0.136	ha
<b>Qp = 2.778*CIA</b>		
<b>Qp =</b>	<b>11.619</b>	lt./seg.
Tiempo de Captación	60	min
Tiempo de Captación	<b>3600</b>	seg.
Volumen cisterna	41,827.43	lt.
Volumen cisterna	<b>41.83</b>	m <sup>3</sup>

Tabla 12 Gasto pluvial edificio E. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

En un evento pluvial de 60 min se obtienen 12 litros por segundo para el edificio E en la isoyeta 30, siendo la correspondiente al predio

Para efectos de la implementación de una nueva instalación pluvial en cualquier vivienda, es necesario hacer los cálculos correspondientes a la tubería, canaletas, válvulas y cisternas para un correcto funcionamiento de la misma, sin embargo, el caso de estudio el sistema pluvial ya está establecido y solo se procederá a adecuar lo que ya hay existente para complementar los SCALL, por lo cual, los cálculos de tuberías y demás no se realizarán en esta tesis por considerarlos innecesarios.

### 4.4.4 Calidad de Agua de Lluvia captada

Los muestreos captados en el caso de estudio se registraron y anotaron los resultados obtenidos en laboratorio del Instituto de Ingeniería de Ciudad Universitaria, UNAM, donde se muestra la calidad del agua pluvial conforme al avance del periodo pluvial.

Las demandas de oxígeno biológicas, químicas (DBO<sub>5</sub>, DQO) muestran que no se presentan bacterias ni elementos inorgánicos en demasía pudiendo ser eliminados con la filtración y el tratamiento propuesto en este trabajo de investigación.

Dia	pH	SST DBO <sub>2</sub> DQO COT				Dia	pH	SST DBO <sub>2</sub> DQO COT			
		(mg/L)						(mg/L)			
23-jun	5.5	10.4	3.16	7.73	2.3	16-ago	7	9.78	2.88	6.9	2.08
02-jul	5.5	9.2	3.92	10.04	2.84	18-ago	7	8.18	2.62	6.36	1.76
27-jul	6	9.1	2.72	6.96	1.96	19-ago	7	7.42	2.58	5.96	1.84
28-jul	7	8.9	2.82	6.74	1.94	24-ago	6.5	7.68	2.52	6.42	1.94
29-jul	7	9.62	3.02	7.08	2.02	25-ago	7	7.02	2.58	6.74	1.6
02-ago	7	8.22	2.8	7.04	2.12	31-ago	7	9.3	2.34	6.44	1.9
03-ago	7	8.76	2.9	6.9	2	01-sep	7	8.7	2.12	6.26	1.84
04-ago	7	9.5	2.96	6.94	1.98	02-sep	7	7.58	1.84	6.02	1.96
05-ago	7	10.32	2.78	6.66	2.04	05-sep	7	8.02	2.44	5.9	1.78
09-ago	7	9.8	2.88	6.84	1.96	21-sep	6	10.2	3.62	7.12	2.2
12-ago	7	9.02	2.7	6.28	1.84	23-sep	7	9.68	3.02	6.58	2
13-ago	7	9.68	2.7	6.18	1.84	24-sep	7	8.22	2.58	6.1	1.92

Ilustración 48 Tabla de registro de eventos pluviales captados. (Altúzar, Ma. Elena, marzo 2012)

Los resultados antes mostrados se compararon con los parámetros requeridos por las Normas mexicanas referentes a la calidad del agua que está en contacto con el ser humano y su consumo, los resultados son los siguientes:

Normatividad	Coliformes totales (UFC/100 mL)	Coliformes fecales (UFC/100 mL)	DBO <sub>2</sub> (mg/L)	SST (mg/L)
NOM-003-SEMARNAT-1997 <sup>[24]</sup>	No se menciona	240	20	20
NOM-127-SSA1-1994 <sup>[21]</sup>	2	0	No se menciona	1000
NOM-041-SSA1-1993 <sup>[20]</sup>	0	0	No se menciona	1000
Resultados de este estudio	3	0	2.77	8.93

Ilustración 49 Comparativa de parámetros del agua pluvial captada con las NOM. ((Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2012)

#### 4.4.5 Agua potable ahorrada con los SCALL

Con los cálculos arrojados de cada edificio para su consumo de agua potable, tomando en cuenta la reserva de cada uno y la cantidad de agua de lluvia que se puede captar es posible realizar la comparativa entre ambas.

Esta comparativa nos arroja que el agua de lluvia captada supera la demanda de consumo de agua potable, por lo que se confirma que los SCALL son una buena alternativa para el ahorro de agua potable y que garantizan que los usuarios cuenten con el vital líquido para sus actividades cotidianas.

EDIFICIO	CONSUMO DE AGUA POTABLE	AGUA DE LLUVIA CAPTADA	AGUA POTABLE AHORRADA
A	9,600.00	39,674.54	-30,074.54
B	19,200.00	74,120.66	-54,920.66
C	12,000.00	44,902.97	-32,902.97
D	19,200.00	72,582.89	-53,382.89
E	9,600.00	41,827.43	-32,227.43
<b>TOTAL DE AGUA AHORRADA</b>			<b>-203,508.49</b>

Tabla 13 Cantidad de agua potable ahorrada considerando la reserva para consumo diario con la captación de agua de lluvia. (Altúzar, Ma. Elena, diciembre 2014)

#### 4.5 FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

Para la realización del filtro de carbón activado es necesario contar con materiales sencillos que sean de fácil acceso y de bajo costo ya que está destinado para una población de escasos recursos.

De igual manera su mantenimiento y/o reemplazo deben ser sencillos y económicos.

Es por ello que se propone que el filtro vaya incluido en la tubería para las bajadas de aguas pluviales que deben llevar directo a la cisterna donde se captará el agua de lluvia.

El material propuesto es un tubo de pvc transparente para poder observar el tiempo de vida útil y de 4" para poder adosar el filtro a las tuberías de bajadas pluviales ya existentes.



*Ilustración 50 Tubo de pvc transparente. ( <http://www.milcam.com.br/?cat=2&content=produtos>, febrero 2015)*

A este tubo será necesario roscarlo en la parte interna por ambos lados a manera de poder colocarle tapas perforadas evitando que los materiales de filtración se dispersen y permitir que el agua de lluvia fluya constantemente.



*Ilustración 51 Ejemplo de tubo de pvc roscado internamente. ( <http://www.milcam.com.br/?cat=2&content=produtos>, febrero 2015)*



*Ilustración 52 Ejemplo de tubo de pvc con tapa. ( <http://www.milcam.com.br/?cat=2&content=produtos>, febrero 2015)*

La metodología de filtración debe considerarse desde las superficies de captación hasta el filtro y el

almacenamiento del agua captada en cisternas. Por lo anterior es necesario colocar cribas en las bajadas de aguas pluviales (BAP) para evitar que los contaminantes de gran tamaño como piedras, hojas de árbol, ramas entre otros se puedan ir por la tubería de las BAP.

Los materiales de filtración deben ser de bajo costo y de fácil acceso, estos materiales son tezontle de granulometría media, grava de granulometría media, arena y carbón activado. Debido a que el agua de lluvia no presenta mayor contaminación la filtración que se requiere es sencilla, la cual debe garantizar que el agua obtenida sea insabora, inodora y que no contenga bacterias.

Existen diferentes métodos para el cálculo de tamaño de la cama de cada uno de los materiales antes descritos, considerando que este filtro es para personas de bajos recursos, la metodología para el cálculo de cada cama es de manera sencilla, la cual no requiere de cálculos extensos ni complicados a manera de que a los usuarios les sea posible desarrollar un filtro nuevo cuando la vida útil del anterior haya terminado.

La fórmula que se muestra se puede hacer el cálculo de la cama de CAG y la cual se puede aplicar para las camas

de tezontle y grava, ya que la cama de arena deberá ser mínimo de un metro de altura para generar un filtro de arena lenta donde se consigue eliminar a las bacterias por falta de oxígeno.

$$EBCT = 0.9997 * V/Q$$

*Ilustración 53 Fórmula para cálculo de cama de CAG*

Donde:

**EBCT** = Empty Bed Contact Time (tiempo mínimo 2 min.)

**V** = Es el volúmen aparente del lecho de carbón (en litros)

**Q** = El flujo del agua expresado en litros/min

**0,9997** = es un factor de multiplicación

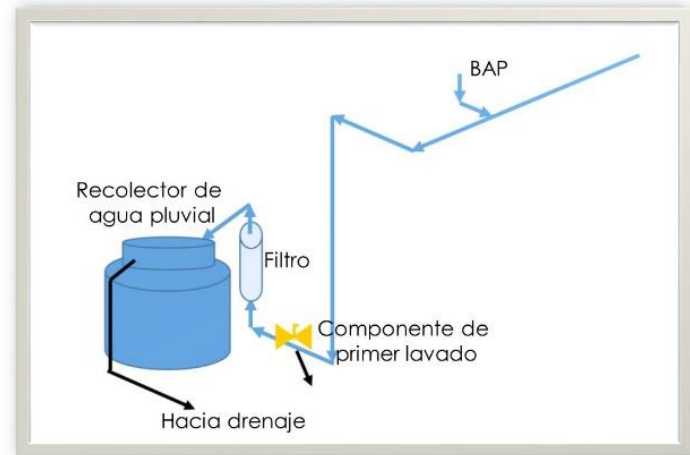
La manera más sencilla de hacer el cálculo de cada cama es considerar dos veces el alto de la cama con relación al diámetro de la misma cama, es decir, si el tubo a utilizar es de 4' la altura de la cama debe ser de 8', con excepción de la arena, en el caso de este material será necesario que la altura de su cama sea de un metro ya que al recorrer el agua esta distancia de arena no permite que haya oxigenación para las bacterias eliminándolas, con este paso se evita el tener que clorar

el agua filtrada para la eliminación de las mismas. Es decir que el filtro deberá realizarse con una cama de tezontle de 8' equivalente a 20 cm, posteriormente con una cama de grava de 8', a continuación con la cama de arena de un metro de altura y por último la cama de CAG de 8' como se muestra en la figura 51.

Por último el filtro deberá colocarse al final de la red de tuberías de agua pluvial antes de llegar a la cisterna de forma horizontal para que el peso del filtro no ocasione rupturas o desfases en los tubos por el golpe de la columna de agua pluvial. Este filtro es de fácil colocación ya que se adosa al tubo de pvc de las BAP con conectores de pvc como si fuera otro tramo de tubería.

El agua sobrante de la captación deberá dirigirse al drenaje ya que no se cuenta con pozos de infiltración.

El SCALL propuesto deberá contar con un componente de lavado para las primeras lluvias, que no son recomendables almacenar, la ilustración anterior muestra la propuesta de SCALL donde se incluirá el filtro de CAG.



*Ilustración 54 Propuesta de SCALL. (Altúzar, Ma. Elena, marzo 2015).*

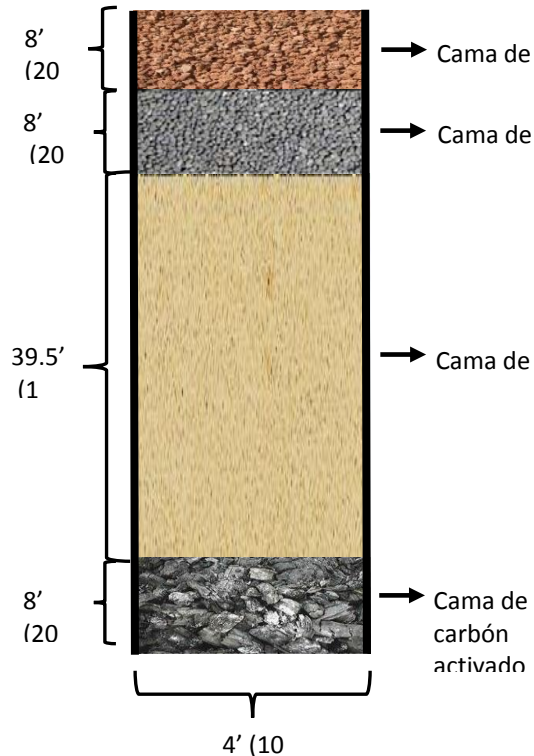


Ilustración 55 Filtro de Carbón Activado a base de cáscara de coco.  
 Altúzar, Ma. Elena, marzo 2015)

El costo de CA a base de cáscara de coco es posible conseguirlo en \$35.00 MXN el kg. Si es de producción nacional, el costo del mismo importado fluctúa entre \$18,145.00 MXN a \$211,687.00 MXN la tonelada y sin costo alguno si se consiguen convenios con empresas que lo utilizan para la obtención de agua destilada que el CAG sólo es utilizado y desechado, de esta manera es posible reducir el costo del filtro.

La aplicación del filtro no se realizó en el caso de estudio ya que no fue posible poner de acuerdo a los inquilinos para realizar el gasto de las modificaciones requeridas.

Sin embargo es posible comprobar que la hipótesis se cumple de acuerdo a los cálculos realizados, al bajo costo en la elaboración del filtro y a las pruebas de laboratorio obtenidos.

## RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio del Instituto de Ingeniería de la UNAM en C.U. de la calidad del agua de lluvia y su comparación con las normas NOM-003-SEMARNAT-1997; Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público, NOM-127-SSA1-1994; Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización y la NOM-041-SSA1-1993; Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias es posible demostrar que el agua de lluvia obtenida del tratamiento con el filtro de CA a base de cáscara de coco y su posterior desinfección se puede utilizar para consumo humanos como se muestra en la ilustración 49.

La diferencia entre el resultado de los cálculos de agua potable que requiere cada uno de los edificios

contra el resultado de los cálculos de agua pluvial captada en cada edificio es significativa ya que se obtiene un total de 203,508.49 litros de agua captada de más de acuerdo a los requerimientos de consumo de los habitantes la cual se puede utilizar en tiempos de estiaje, como se muestra en la tabla 13.

El costo del filtro es mínimo ya que de acuerdo a la investigación realizada es posible obtener el CA a base de cáscara de coco sin costo alguno al establecer convenios con empresas que lo utilizan para la obtención de agua destilada y lo desechan con sólo haberlo utilizado dos veces, como es el caso de CONAGUA, pudiendo reutilizarlo en la filtración de agua de lluvia.

La inversión económica que debe realizarse es únicamente en la compra de 1.60 m de tubo de PVC de 4', 20 cm de grava y tezontle y 1 m de arena, por lo que el gasto es mínimo.

## CONFROTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El carbón activado a base de cáscara de coco puede purificar el agua de lluvia para consumo humano de acuerdo a la NOM-127 al implantarlo dentro de las bajadas de aguas pluviales de las viviendas de interés social, lo que reducirá el consumo de agua potable proveniente de la toma municipal.

El agua obtenida de la filtración del agua de lluvia por medio del carbón activado a base de cáscara de coco junto con otros elementos de filtración como lo son grava, arena y tezontle junto con la desinfección por medio de cloración de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 es apta para consumo humano, esto de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio.

De acuerdo a los cálculos realizados correspondientes a la cantidad de agua pluvial que se puede captar en la isoyeta correspondiente al caso de estudio, es suficiente para cubrir la demanda de agua potable de los inquilinos del caso de estudio durante la época de estiaje.

La elaboración del filtro es de bajo costo ya que es posible obtener el carbón activado sin costo alguno y los materiales utilizados son de bajo costo, por lo que es un filtro accesible a familias de nivel medio, medio – bajo.

La instalación del filtro no presenta obstáculo alguno, sin embargo, la modificación del ramaleo de las BAP, la cisterna de almacenamiento del agua captada, el rediseño de las instalaciones hidráulicas y la bomba para distribuir el agua captada ya tratada representan un gasto adicional que algunos inquilinos no están dispuestos a cubrir, por lo que es necesario realizar una mayor labor social para concientizar a los usuarios de los beneficios que los SCALL ofrecen. Lo que no está en el alcance de esta tesis, esta se limita a la comprobación de que el CA a base de cáscara de coco se puede utilizar en la potabilización del agua pluvial.

De esta manera se obtienen los elementos suficientes para asentar que la hipótesis se cumple satisfactoriamente.



## CONCLUSIONES

La inquietud de realizar un filtro de Carbón Activado para la potabilización de agua de lluvia nace de la inquietud de garantizar a la población de bajos recursos agua potable debido a que el caso de estudio fue mi hogar por un lapso de cuatro años y viví la necesidad de ahorrar agua para las actividades más básicas del ser humano y aprendí a ahorrar agua al no realizar otras tantas actividades que de igual manera son básicas para el ser humano cuando se cuenta con el líquido.

El estudio de las características del agua de lluvia, el tipo de precipitaciones, los planos de isoyetas, la manera en que influye la contaminación atmosférica en la calidad del agua de lluvia han abierto un campo de estudio más allá de lo que la arquitectura comprende, ya que si bien en un proyecto arquitectónico se considera la precipitación pluvial para diseñar las BAP no es necesario adentrarse en la calidad de agua que se desaloja, lo que me ha acercado a la Ingeniería

Hidráulica adquiriendo un conocimiento más profundo de las necesidades que debe presentar el diseño arquitectónico en cuanto al diseño hidráulico, sanitario y pluvial para lograr elaborar diseños arquitectónicos que garanticen el menor desperdicio del líquido, sus procesos de tratamiento de acuerdo a la calidad del agua que se tiene y se quiere obtener, esto repercute en la consideración de espacios dentro del proyecto arquitectónico que permitan la instalación de los equipos necesarios para el tratamiento de aguas y así acercarse lo más posible al desperdicio cero en cuanto a agua se refiere.

Entender de forma real lo que representa la falta de agua de igual manera me llevó a estudiar campos socio-económicos y políticos de cómo afecta la importación de agua de una región a otra a la comunidad, al ambiente y al desabastecimiento del recurso en su lugar de origen.

Que el abastecimiento del líquido a una región de mayor importancia económica que otra no debe

generar el desabasto de otras comunidades, que es necesario que cada región haga conciencia del cuidado del agua y logren reabastecer sus propias fuentes de agua utilizando los procesos de tratamiento adecuados de acuerdo al agua que generan de sus actividades diarias, ya sean domésticas y/o industriales.

Al investigar la calidad de agua de lluvia y el proceso necesario para potabilizarla fue necesario entender los diferentes tipos de aguas que existen desde la de lluvia hasta las subterráneas, cómo se genera cada una, el tipo de proceso que se requiere para su tratamiento y esto originó una investigación de cada etapa y tipo de procesos para tratamientos de agua que existen actualmente y aprender a identificar los procesos químicos, físicos y biológicos por los que tienen que pasar las aguas dependiendo de la calidad del agua a tratar y la que se quiere obtener, diferenciar entre uno y otro y conocer el costo de cada uno para poder establecer el adecuado para el tratamiento de agua de lluvia y dirigirlo a la población designada en esta tesis.

Para poder referenciar la cantidad de agua de lluvia que corresponde a la región seleccionada fue necesario entender de hidrología y cómo funciona dentro de la Cuenca de México, el tipo de escurrimientos que presenta nuestra ciudad y analizar la evolución que ha tenido la región y las consecuencias de dicha evolución en cuanto al cambio climático que presenta la ZMVM y cómo afecta a la precipitación pluvial y al recarga de los mantos freáticos y el porqué, a pesar de que el agua existente en nuestro planeta es la misma desde que este se creó, cada vez es más escasa para su consumo.

Al adentrarse a la evolución de la región fue necesario estudiar a la Delegación Cuauhtémoc desde su fundación para comprender la importancia que esta tiene en la formación de la ciudad, su economía, su población, su infraestructura y el porqué existe esa apropiación del espacio por parte de la sociedad que vive en una vecindad, la forma de vivir dentro de este tipo de vivienda encierra un relación diferente al resto

de la sociedad, que aunque sea una sociedad barrial no interactúan de la misma manera que los habitantes de una vecindad.

De aquí se desprende la necesidad de estudiar a la vecindad como punto importante de esta tesis, ya que el predio de estudio es una vivienda de interés social la cual sigue siendo considerada por sus habitantes como vecindad, entender esta leve diferenciación desde el punto social, económico y regional hizo comprender la manera en que los usuarios valoran su vivienda y aprender la historia que hay detrás de toda esa lucha social por obtener la garantía de contar con un espacio el cual habitar para el buen vivir.

Esto arrojó la tipología característica de este tipo de viviendas de manera arquitectónica, su localización a manera urbana y su relación con las regiones aledañas y cómo están impresas en la historia de la ZMVM.

Pero lo más interesante es el factor social que encierran las vecindades. Logrando comprender la experiencia que obtuve al vivir en una de ellas y comprendiendo esa hermandad que existe en sus habitantes a pesar del hacinamiento existente actualmente y de las diferencias que se originan en diario convivir.

De esta manera fue más sencillo generar una metodología básica, es decir, la elaboración de tecnología que esté al alcance de esta sociedad sin provocar que se sientan invadidos por algo ajeno a su cotidianidad, sin modificar su hábitat ni agraviar su estado económico y que les otorgue la garantía de contar con agua potable durante todo el año para generar una mejor calidad de vida.

Ha sido un largo camino recorrido y han sido muchos los campos estudiados, lo que hace necesaria la comprensión de la multi e interdisciplinaridad que tiene la arquitectura para la solución de problemáticas actuales que afectan a la sociedad.

No es posible generar un proyecto adecuado para diferentes regiones, sociedades, climas sin investigar todo lo que implica el buen vivir siendo lo que cada arquitecto debe garantizar para la población.

Es demostrar que la tecnología no está fuera del alcance de lo económico y lo sencillo y que es posible atacar la problemática de las sociedades de bajos recursos con elementos que realmente solucionen esta problemática y que se encuentren a su alcance.

Es acercar la arquitectura junto con la tecnología a cada rincón del planeta para ofrecer alternativas que mejoren al ambiente, la región y a las personas.

Esta experiencia ha sido por mucho, enriquecedora en mi conocimiento y ha generado la inquietud de continuar investigando desde diferentes ejes para poder generar conocimiento para la solución de este tipo de problemática.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F.J. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa. México. 2005. 303 p.
- Chow, V., Maidment, D. y Mays, L. Hidrología Aplicada. Ed. Nomos, S.A. Colombia., 2000. 584 p.
- Carter M.C, Webber W.J., Olmstead K.P., Effects of background dissolved organic matter on TCE adsorption by GAC, JAWWA, pp. 84(8), 81-91, 1992.
- The Joint Academies Committee on the Mexico City Water Supply, Commission on Geosciences, Environment, and Resources, National Research Council, Academia Nacional de la Investigación Científica, A.C., Academia Nacional de Ingeniería, A.C., "Mexico City's Water Supply: Improving the Outlook for Sustainability", 1995
- Resumen y traducción de: ACTIVATED CARBON SURFACES IN ENVIRONMENTAL REMEDIATION. Chapter 1. Types of carbon adsorbents and their production (J. Ángel Menendez Diaz, I. Martin-Gullon).
- Levin, Fanny. 2007. Estudio de Factibilidad para la Elaboración de Coco Rallado y Carbón Activado.
- Semarnat. ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Semarnat. México, 2007
- Secretaría de Salud, Normas para certificar la calidad del agua potable para uso humano, 2014
- Seung-Hwan Lee, Jingsi He, "Effect of Activated Carbon Fibre in Decentralized Household Drinking Water Purification System", en TIJSAT, Thammasat International Journal of Science and Technology, A Publication of Thammasat University, Thailand, Volume 12, No. 4, pp. 34-40, 2007
- Pliego Hernández, Sandra, Tema de Tesis: La Sustentabilidad como Factor Indispensable en la Vivienda de la Ciudad de México, UNAM, Facultad de Arquitectura, 2008
- Silvera Arauz, Doris Cecilia, Tesis: Sistema de carbón activado asistidos biológicamente para la

- eliminación de contaminantes del agua: estado del arte, Facultad de Química, UNAM, 2008.
- Características de la ZMVM y del servicio y consumo de agua en el DF y en la zona conurbada del Edo. De México. Departamento del Distrito Federal 2006b. Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento, 2005. INEGI, 2006<sup>a</sup>.
  - Ciclo de conferencias Ciencia y Conciencia del uso del agua, “Tratamiento de aguas residuales por métodos biológicos”, Mtro. Carlos David Silva Luna, UAM-I, 2009.
  - Programa Emergente de Abasto de Agua en el Distrito Federal, “Sistema de Alerta del Servicio de Agua Potable”, Sistemas de Aguas de la Ciudad de México, 2009.
  - Seminario Watermex, Conferencia Magistral, “Agenda del Agua hacia 2030”, Ing. José Luis Luege Tamargo, Comisión Nacional del Agua, México, D.F., 2009.
  - Seminario Watermex, Experiencias prácticas para el reuso de agua, Sr. Jon Stewart, IONZ Blue Water Solutions, México, D.F., 2009.
  - Seminario Watermex, Proyecto Línea Morada B.C., “Tratamiento de Aguas Residuales”, Ing. Hernando Durán Cabrera, Comisión Estatal de Servicio Públicos de Tijuana, México, D.F., 2009.
  - Seminario Watermex, Conferencia Magistral, Acciones para enfrentar la Crisis de Agua en la Ciudad de México, Ing. Ramón Aguirre, Sistemas de Aguas de la Ciudad de México, Gobierno del Distrito Federal, México, D.F., 2009.
  - Manejo Metropolitano del Agua en el Valle de México, Problemáticas y Perspectivas de Solución, ISBN 978-970-31-1030-8, Universidad Autónoma Metropolitana, 2007.
  - CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). (1992). Control de Calidad del Agua de Lima. SEDAPAL.

- Fabrel B, Influence de la nature des sols et de la matière organique sur l'adsorption des pesticides. Consequences pour la pollution des nappes souterraines. Thèse de Doctoral, Université de Poitiers, 2000
- Garcia Sosa, Jorge.. "Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificios". México. 2001
- Granados, Jorge. "Redes Hidráulicas y Sanitarias en Edificios". UNIBIBLOS. Bogotá. 2002.
- Herrera, L.A. (2010). Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua lluvia. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil. IPN-ESIA Unidad Zacatenco, México.
- ITINTEC. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. Norma Técnica Nacional. Agua Potable - Toma de muestras. ITINTEC 214.005. Junio, 2007
- Lloyd, B.; Wheeler, D. & Pardón, M. (2006). Safe Water in the Third World. Dept. of Microbiology, University of Surrey, U.K.
- International Conference on Resource Mobilisation for Drinking Water Supply & Sanitation in Developing Nations. Puerto Rico.
- Lloyd, B. & Bartram, J. (2010). Drinking Water Microbiology in Developing Countries. Proceedings of the International Association on Water Pollution Research and Control. International Symposium on Health-Related Water Microbiology. Tubingen, Germany.
- Lloyd, B. & Helmer, R. (2010). Surveillance of Drinking Water Quality in Rural Areas. WHO/UNEP Published by Longman Scientific & Technical, UK. ISBN 0-582-06330-2.
- Lloyd, B. & Suyati, S. (2010). A pilot Rural Water Surveillance Project in Indonesia. Waterlines, 7, (3), 10-13.
- Lloyd, B.; Bartram, J.; Rojas, R.; Pardón, M.; Wheeler, D. & Wedgwood, K. (2011). Surveillance and Improvement of Peruvian Drinking Water Supplies. Robens Institute, DeLAgua. A project supported by the UK Overseas Development Administration as part

- of a technical cooperation programme for the Government of Peru.
- Najm, I. N., Snoeyink V.I., Richard Y., Effect of inicial concentration of a SOC in natural water on its adsorption by activated carbon, JAWWA, pp. 57-63, August 2011.
  - PAHO (Pan American Health Organization. Organización Panamericana de la Salud - OPS). (1996). La Calidad del Agua Potable en América Latina. Ponderación de los riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química.
  - Pino Duran Escamilla, Captación de agua de lluvia, alternativa Sustentable, Instituto Politécnico Nacional, 2006
  - Rojas, R. (2007). SANIPLAN. Programa de control de la calidad de agua de consumo humano. Trujillo, Ica y Pisco.
  - Secretaría del Medio Ambiente. Programa de precipitación ácida. Informe Anual 2007, Publicación de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación. México, D.F., 2008.
  - SEDAPAL. (1992). Lima Water Authority. Anuario Estadístico.
  - UN. (1977). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Naciones Unidas. Mar del Plata, 14-25 Marzo.
  - UNEP. (1990). Consultación Mundial sobre Abastecimiento de Agua Potable y el Saneamiento Ambiental para los años de 1990. Declaración de Nueva Delhi, 10-14 Setiembre.
  - Weber W.J., Smith E.H., Simulation and design models for adsorption process, Env. Sci. Tech.,pp. 21(11), 1040, 2007
  - Review Meeting on Pathogenic Agents and Volume 3 on Surveillance of Community Supplies. Harare, Zimbabwe, 24-28 June 2011.



## PÁGINAS WEB

- El Carbón Activado, Oviedo, España, 2006, <http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>, consultado en Abril 2009.
- Acqua purificada, Aqua, agua purificada, proceso de purificación, en [www.acquapurificada.com](http://www.acquapurificada.com), Hermosillo, Sonora, Abril 2009.
- Nienke Beintema, Robynne Boyd, Xenya Cherny, Alexandra Conliffe, Bo-Alex Fredvik, María Gutiérrez, y Hugh Wilkins. NY 10017 USA. Vol. 82 No. 15, Síntesis del IV foro mundial del agua, El *Boletín del Foro Mundial del Agua*, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IIDS) <info@iisd.ca
- Consejo Nacional del cocotero, A.C., Tecoman, Colima, Cultivo del cocotero, en [www.conacoco.com.mx](http://www.conacoco.com.mx), consultado Abril 2009.
- César Armando Rey Anacona (psicólogo, Ph. D.), Guía para la elaboración de artículos y proyectos de investigación, basada en las normas de la asociación psicológica americana, en [http://espanol.geocities.com/cesar\\_rey\\_info/Notas.htm](http://espanol.geocities.com/cesar_rey_info/Notas.htm), consultada 29 Agosto 2009.
- Rivera-García, Patricia, Marco Teórico, Elemento fundamental en el proceso de Investigación, Lab. De Aplicaciones Computacionela, FES Zaragoza, UNAM, en [http://produceideas.googlepages.com/Marco\\_Teorico\\_Referencial.pdf](http://produceideas.googlepages.com/Marco_Teorico_Referencial.pdf), consultada 29 Agosto 2009
- Echarri, Luis. Contaminación de la Atmósfera. Universidad de Navarra Población Ecología y Medio Ambiente 2008-2009. Disponible en: <http://www.unav.es/adi/servlet/Web2?course=80958004&action=verWeb&pagina=14165>

## ANEXOS

### ANEXO A; PACTO DE ESTAMBUL SOBRE EL AGUA

Para las Autoridades Locales y Regionales

Los alcaldes y los representantes electos locales y regionales de diferentes países reunidos en Estambul en marzo de 2009, adherimos al PACTO DE ESTAMBUL SOBRE EL AGUA con el fin de desarrollar estrategias para la gestión del agua que permitan responder a los cambios globales.

La Declaración de Gobiernos Locales sobre el Agua, adoptada el 21 de marzo de 2006 en el Cuarto Foro Mundial del Agua celebrado en México, destacó el rol y la responsabilidad de los gobiernos locales y regionales en la gestión del agua y del saneamiento e invitó a los gobiernos nacionales a desarrollar una colaboración más eficaz.

Reafirmamos aquí los compromisos previos y nuestra voluntad de liderar estrategias integradas para la gestión del agua con el fin de “reducir las brechas sobre el agua”, fortalecer las capacidades de nuestras ciudades y regiones para responder a las presiones externas y contribuir al desarrollo sostenible.

#### **PARTE I – Declaración de los Gobiernos Locales y Regionales y acciones propuestas**

En este Pacto, reconocemos que:

- El acceso al agua de calidad y al saneamiento es un derecho básico para todos los seres humanos. El agua desempeña un papel esencial para la vida, para la preservación de la salud pública y para la lucha contra la pobreza<sup>1</sup>;
- El agua es un bien público que debe estar bajo control público eficaz, independientemente que su gestión se delegue o no al sector privado;
- El saneamiento es tan importante como el abastecimiento del agua y debe ser una de las prioridades políticas de los gobiernos locales, regionales y nacionales;

- El nivel local desempeña un papel cada vez más importante dentro del proceso de suministro del agua y de los servicios de saneamiento;
- Las transformaciones rápidas, como el aumento de la población, el desarrollo económico, la migración y la urbanización – más de la mitad de la población vive hoy en ciudades –, están acrecentando la presión sobre los recursos hídricos, sobre las infraestructuras y sobre los sistemas que facilitan abastecimiento de servicios de agua y de saneamiento a nuestros ciudadanos, empresas, industrias e instituciones. Estos cambios mundiales incrementan las dificultades para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en relación al agua y al saneamiento<sup>2</sup>;
- Las barriadas pobres y los asentamientos precarios en y alrededor de las ciudades son cada vez más numerosos. La pobreza se convierte en un problema urbano que plantea la necesidad de encontrar un vínculo entre el acceso al agua y al saneamiento, y el régimen de propiedad de la vivienda;
- El cambio climático impactará sobre todos los aspectos del ciclo del agua, los cuales afectarán a los ciudadanos: se notará más la escasez del agua; aumentarán los fenómenos extremos tales como las inundaciones y las sequías; el nivel del mar, así como las temperaturas; se verán afectadas la renovación de las aguas subterráneas, cambiarán los ciclos de precipitación y los regímenes de los ríos;
- La gestión de los recursos hídricos a nivel local y regional puede ser una herramienta para facilitar adaptación a las transformaciones globales;
- Cuando se comparan, la naturaleza, el alcance, y la dinámica de los problemas del agua entre países desarrollados y en desarrollo se observan aspectos comunes y diferencias. Mientras que la insuficiencia o el envejecimiento de las infraestructuras son un problema común, el financiamiento, el fortalecimiento de las capacidades y el mejoramiento del marco legal son una preocupación más aguda en los países en desarrollo;
- Necesitamos definir un nuevo enfoque más coherente para responder a la demanda de agua a nivel local y regional, para favorecer la mitigación y adaptación frente a las transformaciones mundiales. Una gestión más equitativa, eficaz y sostenible de los recursos y servicios hídricos requiere de un enfoque integrado, una acción coordinada y de una responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno;

1 Apoyamos la iniciativa por el derecho al agua de la Comisión de la ONU sobre los derechos humanos.

2 Los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas proponen reducir a la mitad el número de personas sin acceso al agua potable y al saneamiento en el 2015. Este objetivo concierne directamente a los gobiernos locales.

- El saneamiento tiene que ser integrado en la planificación a nivel local y regional, conjuntamente con otros aspectos como el drenaje pluvial, el abastecimiento en agua potable, el tratamiento de aguas residuales y de los residuos, promoviendo allí donde sea posible enfoques descentralizados, y apoyándose en campañas de educación y sensibilización para mejorar la higiene doméstica;
- La planificación y los proyectos locales y regionales deben ser más sensibles al problema del agua;
- El operadores/proveedores de servicios públicos desempeñan un papel clave en el abastecimiento de agua y en los servicios de saneamiento; los mecanismos de apoyo son insuficientes para mejorar y reforzar su capacidad operativa;
- El acceso a un agua de calidad y a servicios de saneamiento supone costes. No obstante, se debe garantizar financieramente el acceso equitativo al agua y al saneamiento en cantidad y calidad suficientes, en particular adaptando los sistemas

de recuperación de costos para permitir el acceso a las poblaciones más desfavorecidas;

- El uso del agua en zonas urbanas y rurales es muy interdependiente. Una política sostenible de gestión del agua a nivel local es esencial para garantizar la producción agrícola y prevenir la despoblación rural; las autoridades locales deben ser conscientes de la importancia del sector rural y de la agricultura, que desempeñan un papel importante en el abastecimiento de los centros urbanos.
- En apoyo de nuestro compromiso como alcaldes y representantes electos locales y regionales, pedimos a nuestros gobiernos nacionales y a las instituciones internacionales:
- Hacer de la seguridad del agua una de las prioridades políticas nacionales e internacionales, apoyándose en el principio de que los recursos hídricos deben ser distribuidos de forma racional y equitativa entre todos los usuarios por razones sociales y de salud pública, para sostener el empleo y la actividad económica, para desarrollar la cultura y el ocio, así como entornos saludables y agradables;
- Acelerar la implementación de los compromisos asumidos sobre el acceso al agua y al saneamiento, así como en la lucha contra la pobreza, en

- particular en los países en desarrollo, con el fin de alcanzar las metas definidas en el Plan de Implementación de Johannesburgo (JPOI) y en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM);
- Establecer un diálogo para garantizar que, a través de una transferencia eficaz de competencias y de recursos, las autoridades locales y regionales dispongan de un marco legal, de los recursos financieros, de la capacidad institucional y de las competencias humanas y técnicas necesarias para gestionar el abastecimiento de agua y el saneamiento a nivel local y regional. En acuerdo con el principio de subsidiaridad y en consulta con los diferentes actores, los gobiernos locales deberían tener la posibilidad de elegir entre los diferentes modelos de gestión;
  - Asociar a las autoridades locales y regionales en los procesos de definición e implementación de estrategias políticas de gestión sostenible del agua a nivel nacional y supranacional para mejorar el acceso al agua y al saneamiento y para prepararse al cambio climático y a las transformaciones globales, en particular en los países insulares y costeros. Estos desafíos requieren de la realización de nuevos proyectos para anticipar los efectos del cambio climático sobre el agua, el saneamiento, las aguas pluviales y otras infraestructuras urbanas;
- Desarrollar mecanismos financieros innovadores y marcos legales para facilitar a los gobiernos locales y regionales el acceso al financiamiento directo y aumentar los recursos financieros para las infraestructuras de agua y saneamiento con el objetivo de responder a las necesidades de poblaciones, sobre todo las más pobres, y para adaptarse a las transformaciones globales;
  - Incluir las inversiones en el sector del agua en las operaciones de reducción de deuda, como podría ser el intercambio de deuda por inversión en el sector del agua y saneamiento;
  - Prestar más atención a la comprensión y análisis de los pronósticos sobre el clima, a los cambios demográficos y a otros acontecimientos que afecten el ciclo del agua y a sus sistemas de gestión a escala nacional y regional, y compartir estos conocimientos con los gobiernos locales para ayudarles a interpretar esos acontecimientos y su impacto a nivel local;
  - Establecer mecanismos eficaces para implicar a los gobiernos locales y regionales en el proceso de gestión de las cuencas hidrográficas;
  - Coordinarse más para considerar el impacto de las decisiones políticas sectoriales sobre el ciclo del agua en particular en las zonas rurales y urbanas, así como sobre los ecosistemas;

- Apoyar la cooperación internacional de las autoridades locales y regionales para alcanzar las metas de los ODM con respeto al agua y al saneamiento, sobre todo a través del financiamiento de cooperaciones directas entre gobiernos locales y regionales de los países desarrollados y en desarrollo y vía la utilización, allí donde sea posible, de una parte del financiamiento obtenido de los usuarios para los servicios de agua y de saneamiento.

## **PARTE II – Compromiso de los gobiernos locales y regionales**

Al mismo tiempo que reconocemos la urgente necesidad de desarrollar estrategias eficaces, también recordamos que las ciudades y regiones dependen de la existencia de marcos legales, institucionales y financieros adecuados así como de la disponibilidad de capacidades técnicas y humanas. El impacto del cambio climático, del crecimiento demográfico, de la urbanización intensiva, del crecimiento económico, así como de otros factores que inciden sobre los recursos y sistemas hídricos locales, es hoy más rápido que la

capacidad de respuesta de los sistemas políticos y sociales.

Por estas razones, nosotros, en nuestra calidad de alcaldes y representantes electos locales y regionales, firmamos el PACTO DE ESTAMBUL SOBRE EL AGUA en nombre de nuestros gobiernos locales y regionales, para expresar claramente nuestra voluntad política de enfrentar estos retos, haciendo todo lo que esté al alcance de nuestras competencias y recursos, para contribuir a mejorar la gobernanza del agua y a orientar nuestra política local hacia una gestión sostenible del agua.. Pero también esperamos que los gobiernos nacionales y las instituciones internacionales reconozcan el papel esencial de los gobiernos locales y regionales en el mejoramiento del acceso al agua y en la implementación de medidas de adaptación exitosas para el sector; y que inicien, en un futuro próximo, las reformas políticas necesarias para hacer que los esfuerzos de los gobiernos locales y

regionales sean jurídica y técnicamente factibles, financiables y eficaces.

Para concretizar nuestro compromiso, utilizaremos nuestro peso político para implementar un enfoque integrado y participativo para la gestión sostenible del agua y del saneamiento, y para realizar las siguientes acciones en nuestra ciudad o región apoyándose en las líneas directrices.

- Un análisis de las presiones internas y externas que pesan sobre los recursos hídricos locales y sobre la biodiversidad acuática para identificar los principales desafíos relacionados con su conservación;
- Un inventario de las políticas de los gobiernos locales y regionales, de las estrategias y planes que necesitan ser adoptados para responder a los desafíos globales que amenazan a mediano y largo plazo los recursos locales y los sistemas hídricos;
- El desarrollo de un diálogo con todas las partes a nivel local/regional para establecer una visión común entre los principales actores y definir las

prioridades locales así como planes de acción para el sector del agua;

- La definición de objetivos y de metas medibles, adaptadas a nuestro territorio, en acuerdo con los compromisos del Pacto de Estambul sobre el Agua, y un mecanismo de seguimiento para poder dar cuenta de nuestras estrategias y acciones;
- La implementación de nuestros planes de acción para mejorar los servicios de agua y de saneamiento y para incrementar la capacidad de adaptación local y regional frente a las transformaciones mundiales.

Nos comprometemos también a informar y compartir los desafíos y los progresos de nuestras ciudades hacia el logro de las mencionadas acciones en el próximo Foro Mundial del Agua en 2012.

**ANEXO B; COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO  
NTCDF**

TIPO DEL ÁREA DRENADA	C	
	MÍN	MÁX
<b>ZONAS COMERCIALES</b>		
Zona comercial	0.75	0.95
Vecindarios	0.5	0.7
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Unifamiliares	0.3	0.5
Multifamiliares espaciados	0.4	0.5
Multifamiliares compactos	0.6	0.75
Semiurbanas	0.25	0.4
Casas habitación	0.5	0.7

TIPO DEL ÁREA DRENADA	C	
	MÍN	MÁX
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.5	0.8
Compacto	0.6	0.9
Cementerios y parques	0.1	0.25
Campos de juego	0.2	0.35
Patios de ferrocarril	0.2	0.4
Zonas suburbanas	0.1	0.3
Asfaltadas	0.7	0.95
De concreto hidráulico	0.8	0.95
Adoquinados	0.7	0.85
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95



TIPO DEL ÁREA DRENADA	C	
	MÍN	MÁX
<b>PRADERAS</b>		
Suelos arenosos planos (Pendientes 0.02)	0.05	0.1
Suelos arenosos con pendientes Medias (0.02 - 0.07)	0.1	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.2
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02 - 0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: <b>Hundimiento de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.</b> .....	6
Ilustración 2: <b>Abastecimiento existente y potencial de agua a la ZMVM desde cuencas vecinas.</b> .....	7
Ilustración 3 <b>Localización espacial de la red pluviométrica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. (Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente.2010)</b> .....	11
Ilustración 4 <b>Precipitación pluvial, máximos y mínimos mensuales y anuales en la ZMVM.</b> .....	13
Ilustración 5 <b>Plano de precipitaciones medias anuales en el D.F.</b> .....	13
Ilustración 6 <b>Plano de isoyetas para el D.F.</b> .....	14
Ilustración 7 <b>Ejemplo de los componentes de un SCALL</b> .....	17
Ilustración 8: Ejemplo de coagulación-floculación .....	21
Ilustración 9 Ejemplo de ósmosis inversa .....	23
Ilustración 10 Etapas de tratamiento de agua. ....	24
Ilustración 11 <b>Mapa de ubicación de la Delegación Cuauhtémoc en el Distrito Federal.</b> .....	29
Ilustración 12 Plano de ubicación de la colonia Guerrero.....	33
Ilustración 13 Plano de la colonia Guerrero .....	34
Ilustración 14 Iglesia de Nuestra Señora de los Ángeles .....	34
Ilustración 15 Estación ferroviaria de Buenavista .....	35
Ilustración 16 Mercado Martínez de la Torre.....	35
Ilustración 17 Iglesia de Inmaculada Corazón de María.....	36
Ilustración 18 Tipología de vecindad a partir de una casa burguesa .....	38
Ilustración 19 Tipología de vecindad construida para este fin.....	38
Ilustración 20 Tipología de vecindad de autoconstrucción .....	38

Ilustración 21 Plano de isoyetas del Distrito Federal.....	49
Ilustración 22 Plano de ubicación de la colonia Guerrero .....	50
Ilustración 23 Plano de localización del caso de estudio.....	50
Ilustración 24 Vista aérea del caso de estudio.....	52
Ilustración 25 Perspectiva aérea del predio .....	52
Ilustración 26 Fachada exterior del predio .....	52
Ilustración 27 Plano de conjunto .....	53
Ilustración 28 Planta Baja edificio A.....	54
Ilustración 29 Primer Nivel edificio A.....	54
Ilustración 30 Segundo Nivel edificio A.....	54
Ilustración 31 Planta de Azotea edificio A .....	54
Ilustración 32 Planta Baja edificio B.....	55
Ilustración 33 Segundo Nivel edificio B.....	55
Ilustración 34 Segundo Nivel edificio B.....	56
Ilustración 35 Planta de Azotea edificio B .....	56
Ilustración 36 Planta Baja edificio C.....	57
Ilustración 37 Primer Nivel edificio C.....	57
Ilustración 38 Segundo Nivel edificio C.....	57
Ilustración 39 Planta de Azotea edificio C.....	57
Ilustración 40 Planta Baja edificio D .....	58
Ilustración 41 Primer Nivel edificio D.....	58
Ilustración 42 Segundo Nivel edificio D .....	59
Ilustración 43 Planta de Azotea edificio D .....	59

Ilustración 44 Planta Baja edificio E .....	60
Ilustración 45 Primer Nivel edificio E .....	60
Ilustración 46 Segundo Nivel edificio E .....	61
Ilustración 47 Planta de Azotea edificio E .....	61
Ilustración 48 Tabla de registro de eventos pluviales captados .....	71
Ilustración 49 Comparativa de parámetros del agua pluvial captada con las NOM. ....	71
Ilustración 50 Tubo de pvc transparente .....	72
Ilustración 51 Ejemplo de tubo de pvc roscado internamente .....	72
Ilustración 52 Ejemplo de tubo de pvc con tapa .....	72
Ilustración 53 Fórmula para cálculo de cama de CAG .....	73
Ilustración 54 Propuesta de SCALL .....	74
Ilustración 55 Filtro de Carbón Activado a base de cáscara de coco .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Principales materias primas y tecnologías de activación</i> .....	26
Tabla 2 Dotación de agua potable de acuerdo a las NTCDF .....	62
Tabla 3 Demanda de agua edificio A.....	63
Tabla 4 Demanda de agua edificio B.....	63
Tabla 5 Demanda de agua edificio C.....	64
Tabla 6 Demanda de agua edificio D .....	64
Tabla 7 Demanda de agua edificio E.....	65
Tabla 8 Gasto pluvial edificio A .....	68
Tabla 9 Gasto pluvial edificio B .....	68
Tabla 10 Gasto pluvial edificio C .....	69
Tabla 11 Gasto pluvial edificio D.....	69
Tabla 12 Gasto pluvial edificio E .....	70
Tabla 13 Cantidad de agua potable ahorrada considerando la reserva para consumo diario con la captación de agua de lluvia. ....	71