

ARQUITECTURA DEL AGUA

HANSEL MICHEL RAMIREZ FLORES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

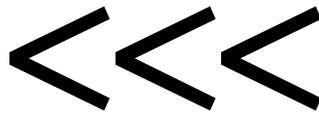
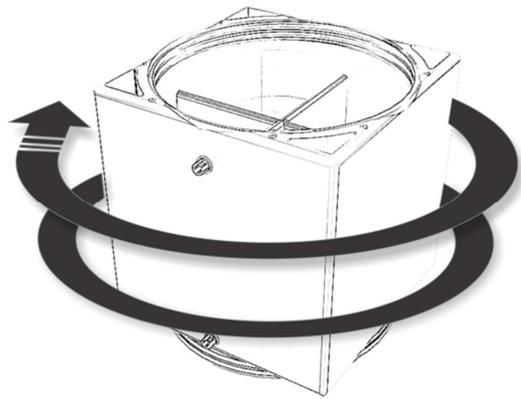


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNAM
POSGRADO
arquitectura

POSGRADO DE ARQUITECTURA



FACULTAD DE
ARQUITECTURA



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS



FACULTAD DE
ESTUDIOS
SUPERIORES
ARAGON



WIA
WATER
ARCHITECTS

ARQUITECTURA DEL AGUA

La gestión del agua presentada a través del diseño arquitectónico.

PRESENTA

HANSEL MICHEL

RAMÍREZ FLORES



PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
ARQUITECTURA

MÉXICO D.F., 2012

<<<





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



POSGRADO DE ARQUITECTURA



FACULTAD DE ARQUITECTURA



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HISTÓRICAS



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON



WIA

WATER ARCHITECTS

ARQUITECTURA DEL AGUA

LA GESTION DEL AGUA PRESENTADA A TRAVÉS DEL
DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Tesis Que Para Obtener El Grado De

Maestro En Arquitectura

Campo De Conocimiento De Tecnología

Presenta

Hansel Michel Ramírez Flores

Programa De Maestría Y Doctorado En Arquitectura

MÉXICO, D.F. 2012



<<<

GESTION DEL AGUA EN LA ARQUITECTURA

Director de Tesis

Maestro. Francisco **Reyna** Gómez

Sinodales

Doctor. Felipe **Albino** Gervacio

Doctor. Carlos Alfredo **Bigurra** Alzati

Doctora. Dolores Ana **Flores** Sandoval

Maestro. Javier **Velasco** Sánchez

. jurado



A todos los involucrados en mi "efecto mariposa", en especial a mis padres y hermanos.

. **agradecimientos**

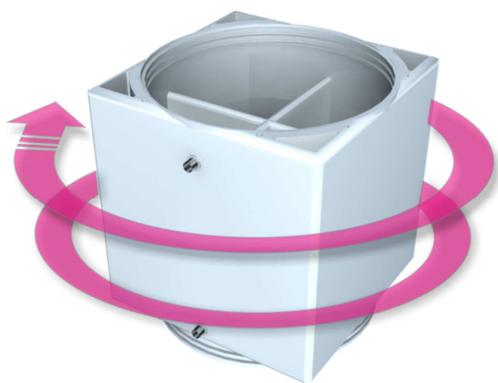


GESTION DEL AGUA EN LA ARQUITECTURA

LISTA DE TODO

. agradecimientos

>>>



. contenido

CONTENIDO

Aproximación	<i>Página</i>	i
Hipótesis	<i>Página</i>	vii
Objetivo General	<i>Página</i>	viii
Objetivos Particulares	<i>Página</i>	viii
Metodología	<i>Página</i>	ix
Línea de Investigación	<i>Página</i>	xiii
Capítulo 1 La Problemática del Agua	<i>Página</i>	1
Capítulo 2 La Gestión Integral del Agua (GIA)	<i>Página</i>	32
Capítulo 3 El papel que debe realizar el arquitecto en la GIA	<i>Página</i>	63
Capítulo 4 Análisis del potencial pluvial en México	<i>Página</i>	76
Capítulo 5 Arquitectura del agua: Aplicación de un Modelo de Gestión Hídrica	<i>Página</i>	121
Capítulo 6 El almacenamiento de agua: una integración arquitectónica	<i>Página</i>	153
Conclusiones	<i>Página</i>	181
Bibliografía	<i>Página</i>	203
Sumario de tablas	<i>Página</i>	207
Sumario de ilustraciones	<i>Página</i>	212

INDICE DESGLOSADO

Aproximación	<i>Página</i>	i
Hipótesis	<i>Página</i>	vii
Objetivo General	<i>Página</i>	viii
Objetivos Particulares	<i>Página</i>	viii
Metodología	<i>Página</i>	ix
Línea Investigación	<i>Página</i>	xiii
Capítulo 1.- La problemática del agua	<i>Página</i>	1
1.1.- Problemática Ambiental	<i>Página</i>	6
1.2.- Problemática social	<i>Página</i>	10
1.3.- Problemática administrativa	<i>Página</i>	17
1.4.- El agua en México	<i>Página</i>	21
Reflexiones	<i>Página</i>	29

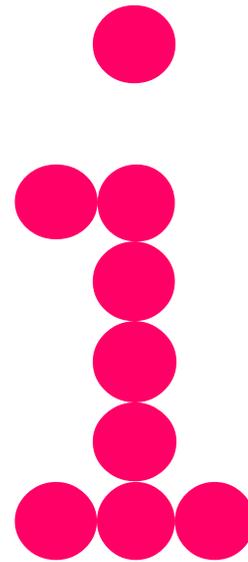
Capítulo 2.- La Gestión Integral del Agua (GIA)	Página	32
2.1.- La necesidad de la arquitectura en la GIA	<i>Página</i>	39
2.2.- La participación actual del arquitecto en la GIA	<i>Página</i>	49
2.2.1.- El agua como elemento pasivo	<i>Página</i>	52
2.2.2.- El Agua como elemento estético	<i>Página</i>	55
2.2.3.- El agua como elemento recreativo	<i>Página</i>	58
Reflexiones	<i>Página</i>	60
<hr/>		
Capítulo 3.- El papel que debe realizar el arquitecto en la GIA.	Página	63
3.1.- Uso de productos tecnológicos para el ahorro de agua	<i>Página</i>	66
3.2.- Los diversos tipos de agua	<i>Página</i>	67
3.3.- El agua como elemento de diseño	<i>Página</i>	70
3.4.- El agua como elemento de climatización pasiva	<i>Página</i>	71
Reflexiones	<i>Página</i>	72
<hr/>		
Capítulo 4.- Análisis del potencial pluvial en México	Página	76
4.1.- Selección de un modelo arquitectónico	<i>Página</i>	79
4.2.- Cálculo del consumo de agua	<i>Página</i>	81
4.2.1. Consumo de agua en la ciudad de México	<i>Página</i>	82
4.2.2. Consumo de agua recomendado por la Organización Mundial de la Salud	<i>Página</i>	83
4.2.3. Consumo de agua por normativa	<i>Página</i>	84

4.3.- Calculo del suministro	<i>Página</i>	86
4.3.1.- Precipitación mínima. Baja California Sur	<i>Página</i>	89
4.3.2.- Precipitación media anual Mexicana	<i>Página</i>	100
4.3.3.- Precipitación máxima. Tabasco	<i>Página</i>	108
Reflexiones	<i>Página</i>	115
<hr/>		
Capítulo 5.- Arquitectura del agua: Aplicación de un Modelo de Gestión Hídrica	<i>Página</i>	121
5.1.- Lugar de aplicación – Chilpancingo, Guerrero, México.	<i>Página</i>	124
5.2.- Características de las zonas	<i>Página</i>	125
5.3.- Características de la vivienda	<i>Página</i>	127
5.4.- Análisis pluvial	<i>Página</i>	129
5.5.- Factibilidad del sistema con un consumo de agua mínimo	<i>Página</i>	130
5.6.- Modelo de Gestión de Agua para una Vivienda	<i>Página</i>	134
5.6.1.- Detección de activos y registro de consumos	<i>Página</i>	138
5.6.2.- Gestión de los tipos de agua	<i>Página</i>	140
5.6.3.- Aplicación del modelo de gestión	<i>Página</i>	144
5.6.4.- Comparación de resultados	<i>Página</i>	147
Reflexiones	<i>Página</i>	151
<hr/>		
Capítulo 6.- El almacenamiento de agua: una integración arquitectónica	<i>Página</i>	153
6.1.- Cálculo del almacenamiento de agua	<i>Página</i>	158

6.2.- Módulo multifuncional para el almacenamiento de agua	<i>Página</i>	163
Reflexiones	<i>Página</i>	178
Conclusiones	<i>Página</i>	181
Perspectiva ecológica	<i>Página</i>	196
Perspectiva social	<i>Página</i>	198
Perspectiva económica - administrativa	<i>Página</i>	198
El rumbo de la arquitectura del agua	<i>Página</i>	199
Bibliografía	<i>Página</i>	203
Sumario de tablas	<i>Página</i>	207
Sumario de ilustraciones	<i>Página</i>	212

<<<

aproximación al problema



“... Y muriendo día tras día, fue como nuevamente comencé a vivir” [Andraka, 1986].

Nos daremos cuenta, que tras algo malo, siempre surge el despertar del ser humano. Bienvenidos

Observando qué, día a día, la problemática del agua entorno a las ciudades y a sus habitantes va aumentando, esta investigación pretende comenzar a revivir, a través de una buena gestión hídrica en la arquitectura, a las ciudades; y paralelamente busca ofrecer una mejor calidad de vida a las personas que “sobreviven” en ellas.

En el transcurso de este documento se mostrará que la participación del arquitecto es indispensable para erradicar la crisis del agua de los centros urbanos, ya que la mayoría, por no decir, toda el agua que se consume en una ciudad gira en torno a la

arquitectura. Por lo que se comprueba que con un adecuado diseño arquitectónico representado por un adecuado modelo de gestión de agua, se puede: lograr que las ciudades no dependan de fuentes externas de agua salvaguardando el factor ecológico; abastecer constantemente a los edificios de agua, enfrentando la intermitencia del abastecimiento público de agua potable, ofreciendo una mejor calidad de vida a las personas; todo esto, invirtiendo menores recursos económicos. Logrando lo que esta investigación llama Sustentabilidad hídrica.

>>> i

En esta aproximación, se comenta de forma general lo que conlleva esta investigación, sin adentrarse de lleno a los procedimientos y métodos que se utilizaron para desarrollarla, ya que se pretende que éste preámbulo, pueda ser digerido fácilmente por el lector y lo conduzca de forma suave a donde se presenta la información más explícita y detallada, el apartado de la metodología.

El agua es un recurso que caracteriza al planeta en el que habitamos, lo que lo hace ser “el planeta azul” y lo que ha hecho posible que exista vida en él. Todas las diversas formas de vida que habitan este mundo, necesitan del agua para lograr su supervivencia y los seres humanos no son la excepción. Pero para las personas no solo les es indispensable para lograr su supervivencia, sino también para desarrollar muchas de las actividades que realizan a lo largo de su vida, y que han evolucionado desde tiempos antiguos hasta la actualidad.

Hoy en día la población mundial rebasa los 6, 000 millones de habitantes¹ y según la OMS, se deben de utilizar mínimamente, en promedio, 5 litros por persona al día para el consumo de alimentos y 25 litros más al día por persona para higiene, por lo cual, se consumen aproximadamente más de 30,000 millones de litros de agua diarios.

Por diversos estudios que se han realizado, sabemos que el volumen total de agua en la Tierra es aproximadamente de 1.4 mil millones (billones) de kilómetros cúbicos, y solo el 2.5% (cerca de 35 millones de Km³) de ese total es agua dulce. De ésta, la gran mayoría, se encuentra permanentemente congelada o en forma de nieve en los glaciares y otro tanto está en los acuíferos subterráneos. La fuente principal de agua para el uso humano proviene del agua superficial (ríos, lagos, humedad de la tierra) y de cuencas de agua subterránea poco profundas. Por lo tanto, la cantidad de agua realmente disponible

¹ Garduño Anaya, Manuel. Sistemas de Captación de Aguas de Lluvia para Uso Doméstico en América Latina y El Caribe, Manual Técnico. IICA, 1998.

para las actividades humanas es apenas de 200 000 km³, es decir, menos del 1% del total de agua dulce presente en el planeta y 0.01% de toda el agua del planeta.

Nuestro mundo, actualmente se enfrenta una crisis hídrica que se origina principalmente por aspectos, ambientales, sociales y administrativos. Para intentar solucionar esta crisis del agua, se han desarrollado e implementado nuevas tecnologías para la obtención del líquido, así como también, diversas estrategias políticas para administrar el recurso. Actualmente las problemáticas principales derivadas de la crisis del agua, deben ser llevadas a la par, contextualizando la situación actual del recurso y analizando las propuestas existentes, tanto tecnológicas como administrativas, para así poder lograr entender, de qué forma puede desarrollarse una mejor alternativa a las actuales, que ayude a dar solución, de forma sustentable a la problemática de los recursos hídricos. Se deben de comenzar a analizar todos los puntos que intervienen en el manejo del agua, sin olvidar ninguno.

Para contrarrestar las problemáticas acerca del recurso agua, múltiples disciplinas aportan estrategias particulares desde sus diversos puntos de vista, para crear una solución global, esto se conoce como Gestión Integral del Agua. La arquitectura es una de las disciplinas que deben contribuir a formar este discurso, lamentablemente al día de hoy, la mayoría de los casos en donde el arquitecto tiene intervención se hace de forma inadecuada, debido a que se utiliza el agua de una forma “pasiva”, es decir, como un fluido que solamente satisface las necesidades de higiene, estéticas y recreativas en un edificio.

>>> iii

El arquitecto debe de comenzar a utilizar el recurso agua de una forma más eficiente, debido a que la arquitectura es una de las mayores consumidoras de agua en una ciudad (ya que en ciudades como el Distrito Federal, utiliza el 97% del recurso); y en estos centros urbanos, por el constante y rápido crecimiento de la población y su concentración en zonas específicas, día con día se vuelven más

grandes y densas, por lo tanto el consumo de agua aumenta.

El arquitecto debe contribuir para lograr una adecuada Gestión Integral Hídrica, comenzando a tomar el agua como un elemento de diseño arquitectónico, es decir, logrando la máxima eficiencia del líquido, haciendo que el agua cumpla más funciones dentro de un edificio y logrando que sea parte del tecnicismo de la arquitectura, formando una nueva "arquitectura del agua" o lo que es lo mismo, una adecuada gestión hídrica en la arquitectura.

La arquitectura del agua se manifiesta fundamentalmente por medio del ahorro del líquido y el máximo aprovechamiento de éste. El uso de muebles hidráulicos ahorradores, el tratamiento y reutilización de los diversos tipos de agua que se encuentran en un objeto arquitectónico, su reaprovechamiento con productos tecnológicos, el diseño de la forma del edificio para una mejor captación de agua pluvial y la climatización pasiva por

medio del líquido, son algunas de las muchas características principales, teniendo como límite de funciones la imaginación del diseñador.

Conociendo el campo de intervención que posee el arquitecto para manejar los recursos hídricos y observando cuales pueden ser las estrategias que debe utilizar para lograr una adecuada gestión, se debe desarrollar un modelo de gestión de agua en la arquitectura, lo cuál va a permitir que a partir de la precipitación pluvial (como en el caso de esta investigación) se logre abastecer al objeto arquitectónico sin recurrir a fuentes "artificiales" de agua, además se puede garantizar la dotación constante de agua para los habitantes, resultando ser más factible económicamente que otras inversiones, realizadas por los organismos públicos encargados de abastecer de agua potable a las ciudades, así como, más amable con el medio ambiente.

Es grato e importante señalar, que esta investigación surge de comenzar a tratar el tema del

almacenamiento de agua en la arquitectura, por esa razón se le dedica un capítulo en este documento, ya que, a pesar de que se fue enriqueciendo el contenido de la investigación, a raíz de que se profundizó más en el tema de la gestión de agua en la arquitectura, el almacenamiento del líquido es parte fundamental de esta gestión y vital en esta investigación.

El tema del almacenamiento de agua, quizá no sea el de mayor índole para muchos arquitectos, pero sin lugar a dudas, es un punto clave en la gestión integral de los recursos hídricos pero también, un elemento olvidado en la arquitectura, por lo que debe de ser atendido en todos sus niveles para proporcionar un mejor aprovechamiento del agua.

El almacenamiento es mencionado en distintas fuentes de información e investigaciones, ya que es indispensable para poder dotar constantemente del recurso en donde se necesite, pero a pesar de ello, es atendido solo superficialmente en la mayoría de los casos, en los cuales se menciona la necesidad de

un depósito para poder resguardar el líquido, aunque muy escasamente, ya que solo se muestran métodos de cálculo para capacidades de almacenamiento¹, que a su vez están basados en sistemas tradicionales, por lo que en esta investigación se concluye que una mejor atención en el desarrollo de este tema, producirá mayores beneficios en la gestión de agua en la arquitectura.

El almacenamiento de agua no debe ser tomado a la ligera, ya que es parte fundamental dentro las estrategias para combatir la crisis hídrica, tanto es así, que recordando los pilares que soportan al desarrollo sustentable (ambiental, económico y social)², y retomando el factor económico, en México la industria de los depósitos hídricos (tinacos y cisternas), representa para la empresa más popular en el mercado ROTOPLAS (la cual tiene una distribución de 2.5 millones de tinacos), ventas

>>> V

² Desarrollo Sostenible. Wiki Pedia
http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible
Octubre 2009.

anuales de 57.5 millones de dólares³ (tomando en cuenta solo una parte, ya que también distribuyen otros tipos de productos y mecanismos para el almacenamiento de agua).

Dentro de las estrategias ambientales para combatir la escasez de agua, el almacenamiento del líquido es tocado ligeramente, pero para muchas compañías representa una gran oportunidad de ingresos económicos, generadas por las necesidades provenientes de una mala gestión de las organizaciones gubernamentales encargadas de administrar el líquido.⁴ Además de que los sistemas actuales de almacenamiento, únicamente cumplen con esa función, dejando al líquido en un estado “pasivo”, desaprovechando todas las funciones que el líquido y su contenedor pueden desarrollar.

³ El país de los tinacos, diario La Nación, México D.F. 05 de Octubre de 2009.

^{4, 5} Peña García, Alejandra. Una Revisión Crítica de la Crisis de Agua en México. Tesis Doctoral, Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía, UNAM. 2009.

Durante el desarrollo de la investigación, se pretende abordar la problemática tomando en cuenta paralelamente, los aspectos ambientales, económicos y sociales, cada uno como parte de un propio sistema, pero que a su vez comprenden todo un conjunto, ya que la tecnología al proporcionar una mejor calidad de vida a la sociedad y otorga grandes beneficios económicos a quien la proporciona.⁵

Es así que, buscando solucionar por un camino más sustentable, el tema de la gestión de agua en la arquitectura se desarrolla esta investigación, que intenta buscar y estudiar alternativas más viables, para lograr una mejor solución a la problemática del agua, utilizando el líquido como un elemento de diseño arquitectónico, demostrando que una adecuada gestión de agua en la arquitectura, es un camino enormemente viable desde todos los aspectos, para poder contrarrestar la tan mencionada crisis de agua en las ciudades.

HIPOTESIS

i mplementar un modelo adecuado de gestión de agua para la arquitectura, presentado a través del diseño arquitectónico y basado en: la captación de agua pluvial, la reducción del consumo y la reutilización del líquido; mediante estrategias, técnicas y tecnologías del agua; **integrando el objeto arquitectónico al ciclo natural del agua, puede reducir hasta el 60% el consumo promedio de agua en una ciudad,** lo que garantiza la dotación permanente del líquido en los objetos arquitectónicos, mejora la calidad de vida de los habitantes, no produce repercusiones ecológicas y es más factible económica, social y ecológicamente; **lo que conlleva a una sustentabilidad hídrica en las ciudades.** >>> vii

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

OBJETIVOS

Objetivo general:

Elaborar e implementar un modelo de gestión de agua para la arquitectura, el cuál, permita hacer más eficiente el uso del líquido, **pueda reducir el consumo por habitante hasta un 60%** y logre proporcionar una dotación constante de agua al objeto arquitectónico, sin necesidad de recurrir a fuentes artificiales de agua; todo esto para **demostrar que una adecuada gestión de agua en la arquitectura se presenta a través del diseño arquitectónico.**

viii <<<

Objetivos particulares:

- Lograr la sustentabilidad hídrica en un objeto arquitectónico, a través de un modelo de gestión de agua.
- Conocer cuál es la forma en la que se manifiesta la gestión de agua en la arquitectura.
- Conocer cuáles son los aspectos que se necesitan para lograr una sustentabilidad hídrica basada en la captación de agua pluvial.
- Demostrar la importancia que tiene el almacenamiento de agua en la arquitectura.
- Implementar estrategias para lograr una adecuada gestión de agua en la arquitectura.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

METODOLOGIA

El tipo de investigación que se desarrolló y que se reporta en este documento, es un estudio de tipo exploratorio (aunque pueden existir rasgos descriptivos y correlacionales, la mayor parte se basa en abordar un panorama casi desconocido)⁶, debido a que si bien existe información relacionada al tema del agua y arquitectura, la mayor parte se aborda de forma ornamental; lo mismo sucede con el tema de la gestión del agua; ya que, existen diversos estudios de este argumento, pero muy pocos tienen una relación con la arquitectura, por lo que podríamos decir que se encuentran estudios de los mismos temas, pero contextualizados de forma totalmente distinta, por lo que la relación de estas situaciones puede convertir parte de la investigación en única y particular, en el tema de la gestión de agua en la arquitectura. Esta búsqueda da pauta para que, a partir de sus hallazgos, surjan nuevos caminos, ya

que el destino de la gestión hídrica en la arquitectura (como se verá en el desarrollo del documento), es tan grande como lo pueda ser el diseño arquitectónico,

Partiendo con los objetivos definidos y elegido el camino de la investigación, se comenzó a estudiar la problemática global del agua dada en forma de: crisis ambiental, es decir, la forma en que, satisfacer las necesidades hídricas del ser humano, ha causado grandes repercusiones ecológicas al planeta; en forma de crisis social, referida a la situación actual en que se encuentra la calidad de vida de las personas basada en su necesidad de agua y su grado de satisfacción, y finalmente presentada en crisis administrativa, derivada de los aspectos generales que enfrentan los organismo encargados de manejar el recurso ; de esta manera se conforma el marco teórico de esta investigación, en donde se concluye al cabo de este primer análisis, que la problemática del agua, en su mayor parte es un problema derivado de una mala administración del recurso, es decir de

>>> ix

⁶ Sampieri, Roberto, Et al. Metodología de la Investigación. Cuarta edición. Editorial Mc Gra Hill. 2006

“**Gestión**”. Es así que deriva el capítulo 2 (y de la misma forma, el inicio de un capítulo, es debido a la conclusiones de los capítulos anteriores), donde al indagar más en este tema de gestión de agua, se encontró que diversas disciplinas aportan estudios y soluciones para enfrentar la problemática hídrica, a esto se le conoce como, **Gestión Integral del Agua (GIA)**, por lo que se investigó el grado de aporte que tiene la arquitectura en la GIA.

Lamentablemente se encontró que la participación actual del arquitecto no es la adecuada, ya que, en sus diseños, solo utiliza el agua principalmente como:

a) Elemento pasivo, es decir, como un simple fluido que dota de servicios al objeto arquitectónico, pero que la importancia que toma, es solo de resolver instalaciones; b) Elemento estético, se presenta como fuentes y espejos de agua principalmente, y en mayor parte su función es solamente ornamental; c) Elemento recreativo: Las albercas son la mayor representación de este caso, donde de igual forma se busca resolver la cuestión estética y no la de la eficiencia del agua.

Paralelamente se investigó, que tan importante era la participación del arquitecto en la GIA, basado en su campo de acción, y se descubrió que era muy alto, ya que, en las ciudades como el Distrito Federal, el 97% del uso del agua potable es para el abastecimiento público urbano (vivienda y servicios), es decir, para la arquitectura. Por lo tanto se concluyó que el arquitecto debe manejar al elemento agua de mejor forma, en pro de una adecuada gestión.

El capítulo 3 deriva de las conclusiones anteriores y muestra algunos de los caminos por los que el arquitecto puede optar, como los son: productos tecnológicos, reutilización de agua y principalmente el manejo de agua como un elemento de diseño, a través de: estrategias, técnicas y productos tecnológicos que permitan hacer más eficiente el uso del agua; en esta investigación a todo lo anterior se le nombra “Arquitectura del Agua”, la cual, pretende integrar al objeto arquitectónico al ciclo natural del agua, es decir, que pueda adaptarse a la forma en que desde hace millones de años atrás, la naturaleza ha mantenido la vida en este planeta.

X <<<

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Pretendiendo lograr esa integración a la naturaleza, se buscó conseguir una sustentabilidad hídrica, basada en la cosecha de agua pluvial, por esta razón en el capítulo 4, se desarrolló un análisis que comprobó el potencial de la precipitación pluvial del país, en donde se tomaron como base la precipitación mínima, media y máxima registradas respectivamente; y se confrontaron con tres consumos de agua: uno de 392 litros por habitante al día (l/h/d), que es el consumo promedio en el Distrito Federal; otro de 150 l/h/d, que es el consumo establecido por el reglamento de construcciones del Distrito Federal; y por último, un consumo de 90 l/h/d, el cual es el recomendado por la Organización Mundial de la Salud. Se concluyó que había 4 factores importantes para que resultara exitoso este sistema: 1) La precipitación pluvial, el cual no se puede controlar; 2) El consumo de agua, del cual dependen los siguientes dos; 3) Área de Captación; y 4) La capacidad del almacenamiento, (motivo inicial de esta investigación). También se concluyó que, con las precipitaciones y los consumos tomados para este estudio, era imposible llegar a

una sustentabilidad hídrica basada en la cosecha del agua pluvial en una vivienda con las características promedio de las viviendas de interés social. Por tanto este estudio, arrojó los aspectos fundamentales que se debían tener en cuenta para desarrollar un modelo de gestión de agua para un objeto arquitectónico, tema estudiado en el capítulo 5.

Para demostrar la factibilidad de la arquitectura del agua, se trabajó en un caso de estudio: una vivienda modular para 4 habitantes, en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero, la cual tiene una precipitación pluvial, de 882mm. al año, apenas encima de la media nacional. Primero se realizó el análisis de la capacidad pluvial en base a los tres consumos mencionados anteriormente y se concluyó que se necesitaba un área de captación y almacenamiento muy grandes, lo cual no era económicamente factible. Por lo que dio pie para que se comenzara con la elaboración del Modelo de Gestión de Agua en la Vivienda. Para esto, primero se detectaron los activos, es decir, los elementos que consumían agua; posteriormente se realizó el aspecto más

>>> **xi**

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

importante, un esquema donde se planteó la reutilización de los distintos tipos de agua que podían conseguirse en el edificio (primer uso, segundo uso y tercer uso y así sucesivamente) que resultaba de los diferentes activos que constituyen la vivienda; para esto se investigaron técnicas y productos tecnológicos que permitieran hacer más eficiente el uso del agua. Posteriormente se realizó un análisis y una comparación de los consumos de agua virtuales que se podían dar y se obtuvo un consumo promedio de 35 l/h/d, es decir, casi el 90% de ahorro si lo comparamos con el consumo más alto registrado anteriormente. Con este nuevo consumo, el área de captación que se necesitaba se redujo y el que proporcionaba la vivienda (56m²) era suficiente.

Finalmente se abordó el tema del almacenamiento de agua (con el cual se muestra cómo se puede dar la creación de una estrategia del agua y elemento motivador de esta investigación) por resolver, se elaboró el capítulo 5, donde se realizó el prototipo digital de un módulo multifuncional que almacenara el agua y que al mismo tiempo sirviera como elemento

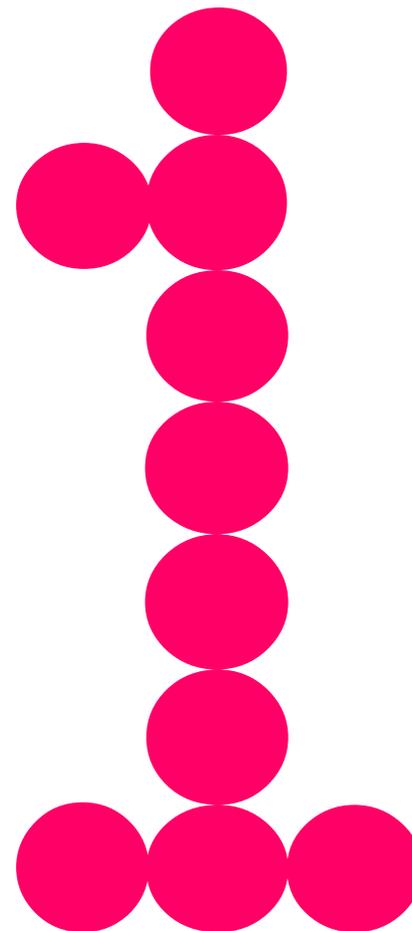
constructivo y divisorio vertical (como un muro), se describen sus características y funcionamiento, y se realizó un resumen de las ventajas y desventajas que el sistema pretende tener en un futuro desarrollo. Lo cual concluyó en que, el almacenamiento de agua se puede dar como un elemento integral en la arquitectura, siendo parte de ella, proporcionando otra forma más de utilizar al agua como elemento de diseño.

Esta investigación se reflexiona y concluye de forma general en tres aspectos, la perspectiva ecológica; la perspectiva social y la perspectiva económica – administrativa; las cuales aportan una solución para los elementos que componen la sustentabilidad hídrica en la arquitectura, proporcionando una mejor calidad de vida a la población sin mayor repercusión ecológica, suministrando una alternativa más favorable de administrar el recurso agua y el capital económico de una población. La mayor conclusión de esta investigación se resume en la **Arquitectura del Agua**, es decir, en una adecuada gestión de agua, dada a través de nuestro diseño arquitectónico.

LINEA DE INVESTIGACION



.la problemática del agua



>>> 1

c1. LA PROBLEMATICA DEL AGUA

“La tragedia del hombre comienza, pues la naturaleza es más fuerte. El hombre sigue dependiendo de ella, que, a pesar de todo, comprende en su seno al hombre, a la criatura.” Spengler (1931).

La arquitectura debe comenzar a ser parte integral de la naturaleza.

2 <<<

Debido a que en algunas regiones del planeta el abastecimiento de agua, su calidad, su disponibilidad, por citar algunas cuestiones, son muy deficientes, podemos decir que nos enfrentamos a una crisis hídrica, la cual se va extendiendo cada vez más. Lo anterior se debe a diversos factores, como lo son: la sobreexplotación de los recursos naturales inmediatos que posee una región, el aumento de la población, su concentración en una zona específica, la poca educación que se tiene sobre el recurso (llevándolo a su mal aprovechamiento), así como erróneas formas de administrarlo, entre otras razones.

“La escasez de agua nos amenaza a todos; amenaza nuestro bienestar, arriesgando nuestros medios de subsistencia y en ocasiones poniendo en peligro nuestras vidas. En los países más prósperos la escasez de agua dificulta el crecimiento económico y disminuye la calidad de vida. En los países pobres especialmente entre la gente de menores ingresos, la escasez de agua de buena calidad en cantidades adecuadas ya es una carencia mortal. Produce enfermedades, bloquea el desarrollo, profundiza las desigualdades en las oportunidades de ingresos y socava la supervivencia de sociedades enteras. En todas partes, el ambiente natural se pone en peligro

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

por esta escasez y por los torpes intentos de sobreponerse a ella. El riesgo de conflictos se intensifica cuando la escasez de agua se presenta en los límites entre etnias o clases diferentes, en las fronteras internacionales o entre comunidades urbanas y rurales”.⁷

Es justo decir que la escasez de agua no es nueva para la condición humana. Ciertamente, la Biblia, el Corán y otras escrituras antiguas abundan en referencias al líquido y a los conflictos causados por el agua. Pero la futura escasez es más importante que nunca y lo es para más gente. El crecimiento demográfico, la industrialización y la urbanización están agotando y contaminando los lagos, ríos y acuíferos en forma irreversible. Las nuevas tecnologías nos permiten extraer agua más rápidamente que la tasa de recarga del acuífero. Nunca antes había sido posible causar el catastrófico

⁷ Brooks B., David(2004), "Agua, Manejo A Nivel Local". Ed. Alfaomega. Colombia

daño ambiental que ahora causa el hombre a nivel global. Con las fuerzas integradoras de la globalización, ahora todos están comprometidos en los problemas de los demás, sin importar las distancias.

“Los proyectos hídricos de las primeras décadas del desarrollo, por mucho, se quedaron cortos ante sus expectativas. Se pueden citar muchas razones: la principal es que las soluciones técnicas para la escasez de agua fueron diseñadas para moldear los factores sociales y culturales en vez de haberlo hecho al contrario. Sólo en la última década se ha llegado a reconocer que, si se quiere tener éxito con los esfuerzos de mejorar la cantidad y la calidad del suministro de agua, no sólo deben ser técnicamente sólidos y económicamente factibles sino que deben estar también en relación directa con el alivio de la pobreza, el otorgamiento de poder a las localidades y la protección ecológica”.

En el segundo informe de la Organización de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, se dice que para algunos, la crisis del agua supone caminar a diario largas distancias para obtener agua potable suficiente, limpia o no, únicamente para salir adelante. Para otros, implica sufrir una desnutrición evitable o padecer enfermedades causadas por las sequías, las inundaciones o por un sistema de saneamiento inadecuado. También hay quienes la viven como una falta de fondos, instituciones o conocimientos para resolver los problemas locales del uso y distribución del agua.

Por su naturaleza, implicaciones sociales y licencia para ser atendido, uno de los temas prioritarios de la agenda el desarrollo del presente siglo escala mundial es el agua. Organismos internacionales, estados, universidades, centros de investigación, empresas y grupos de la sociedad civil coinciden en la necesidad de buscar instrumentar tecnologías

innovadoras en poner en marcha una cultura de aprovechamiento y gestión en su manejo.⁸

El ser humano lleva miles de años habitando el planeta, aunque comparada con la historia del mundo vegetal y animal de este planeta es breve; a principios de su existencia el ser humano era nómada, por lo cual nunca permanecía más de cierto tiempo habitando una región específica, se organizaba en grupos pequeños, los cuales recorrían ciertas zonas en determinadas épocas, buscando alimento, el cual la naturaleza le proporcionaba de forma suficiente. La dieta del hombre principalmente se basaba en nueces y semillas, lo cual le proporcionaba las suficientes proteínas para poder tener una dieta adecuada, la caza ocupaba un lugar secundario y solo se realizaba para satisfacer los instintos básicos del hombre, con el paso del tiempo y

⁸ Montero, Delia; Et Al. (2009) "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 5 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

debido a que el hombre no tiene ningún depredador natural, se fueron formando más grupos humanos, los cuales fueron abarcando cada vez más territorio, encontrándose al principio en la zona sur y centro de África, para irse incorporando poco a poco al sur de Europa, en donde se encontró con un clima totalmente diferente, el cual a diferencia de los cálidos climas del sur de África, donde se encontraba abundante alimento, el clima frío de Europa estaba repleto de escasez y condiciones demasiado adversas para la subsistencia del hombre.

Debido a esto el hombre tuvo que desarrollar estrategias de supervivencia, lo cual lo llevo a desarrollar la técnica y con esto a descubrir la forma de sacar mayor provecho de su entorno, adecuándolo para satisfacer sus necesidades. Es así como el hombre desarrolló más su inteligencia, debido a los climas más severos que ponían a prueba su supervivencia. El ser humano entre toda la serie de descubrimientos se encontró con la agricultura, la cual al principio utilizo no para su propia alimentación, sino para alimentar a los animales que le servían de

alimento (los cuales proporcionaban más carbohidratos y hacían resistir más las bajas temperaturas), animales que poco a poco fue domesticando.

La agricultura se convirtió en uno de los pretextos para que el hombre se convirtiera en sedentario, ya que la agricultura proporcionaba mayor cantidad de alimento en menor tiempo del que podría proporcionar la naturaleza por sí misma, lo cual generó un mayor crecimiento en la población, y la creación de poderes para organizar los recursos de los cuales se disponían. Al generar una gran cantidad de alimento, los asentamientos humanos fueron desarrollándose cada vez más, abarcando más territorio, lo cual propició al encuentro con otras culturas y a la lucha de poderes para asumir el control. Con el paso del tiempo y con esto se quiere decir de miles de años, la existencia de una población o un asentamiento se encontraba a su fin debido al inadecuado conocimiento y a la sobreexplotación de su entorno natural, como el cambio de uso del suelo, de donde se encontraban las poblaciones, debido a la

tala de árboles para: crear zonas de sembradío, la utilización como combustible, y la construcción refugios para protegerse de las inclemencias del clima (arquitectura).

La constante explotación de las zonas de sembradíos provocó lentamente la erosión de los suelos, formando capas salinas en la superficie de la tierra, lo cual impidió que se continuara la producción de alimentos y lentamente la debilitación de la sociedad y finalmente al declive de las comunidades en general. Es así como a través del tiempo fue evolucionando el ser humano junto con sus sociedades y su forma de vida, aprovechando los recursos naturales y aumentando su población en gran tamaño, hechos que nos llevan a comprender algunos de los ¿por qué? de las crisis ecológicas que enfrentamos actualmente.⁹

⁹ Pointing Clive (1992), *Historia verde del mundo*, págs. 17 a la 130. Paidós contextos, Barcelona, España,

Por todo lo anterior y para esta investigación, las problemáticas se clasificarán en tres aspectos generales para identificar como es que la crisis de agua se está presentando en el planeta.

1.1. Problemática ambiental



Imagen 1.- Problemáticas ambientales. Fuente:
<http://jomayrazapataparedes.blogspot.com>
reproducción con fines didácticos.

El agua es un elemento natural, es decir, no es producido por la mano del hombre, por lo que el hombre está limitado a la cantidad que dispone el

planeta. Con el paso del tiempo la población humana ha aumentado considerablemente. Además de este incremento, la concentración de la población en un área específica, produce que en algunas ocasiones, los recursos naturales de los que dispone esa región, sean insuficientes para satisfacer las demandas que el ser humano necesita para realizar sus actividades habituales. Pero no solo la concentración de gente en una región hace que los recursos naturales sean insuficientes sino que además el aumento de población lleva a la dispersión y con esto la ocupación de distintas zonas, algunas con escasos recursos vitales inmediatos.

Estos fenómenos extremos son tan sólo un reflejo de los cambios fundamentales que están afectando a los recursos hídricos en el mundo entero. En muchos casos, esta evolución está relacionada con una modificación lenta y persistente del clima global, un fenómeno que se confirma cada vez de forma más evidente: la combinación de bajas precipitaciones y de una elevada evaporación en diversas regiones, causa una disminución en la cantidad de agua de los ríos,

lagos y acuíferos, mientras que la creciente contaminación daña los ecosistemas y la salud, los medios de vida y la propia existencia de quienes no gozan de un acceso adecuado y seguro al agua potable y al saneamiento básico.

“El aprovechamiento de los recursos naturales da un impacto directo en el bienestar de las sociedades, porque no sólo se asocia con el tipo de recurso que se explota, sino con la forma en la que se efectúa tal aprovechamiento, la manera en la que se distribuyen socialmente los beneficios de su utilización, así como la disponibilidad de conocimientos y recursos para su preservación equilibrada.”¹⁰

La ausencia de servicios básicos e infraestructuras, en las zonas de los asentamientos populares urbanos contribuye a la degradación del medio ambiente por: la contaminación del agua, aire, suelo; así como: las deficiencias en el suministro de agua, el saneamiento,

¹⁰ Montero, Delia; Et Al. (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 5 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

los desagües y el tratamiento deficiente de los desechos de industrias domésticas residuos sólidos.¹¹

En la pasada década el 90% de los desastres naturales ocurridos estuvieron relacionados con el agua. Los tsunamis, las inundaciones, las sequías, la contaminación y las oleadas de tormentas son tan sólo algunos ejemplos de todos aquellos peligros que pueden poner en riesgo a las sociedades y comunidades. Cuando dichos riesgos, van en aumento debido al contexto medioambiental cambiante, no se gestionan con el objetivo de reducir la vulnerabilidad humana y se convierten en catástrofes. Las inundaciones y las sequías son los desastres relacionados con el agua dulce que resultan ser más mortales, quebrando además el desarrollo socioeconómico, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Los esfuerzos para reducir el riesgo de que se desencadenen desastres se han de

¹¹ **Audefroy Joel** (2003), "La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina", Págs. 54-73 en Boletín del instituto de vivienda, Mayo, año/vol. 18 N° 047, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

integrar de forma sistemática en las políticas, planes, y programas de desarrollo sostenible y de reducción de la pobreza.

"La catástrofe natural no suele ser más que un decir, sólo en el caso de una crisis mayor imprevisible, es el resultado de una mala presencia de los riesgos y de las incoherencias del fenómeno de los recursos: que se organiza una zona inundable como por ejemplo la exención potencial del lecho de un río no habrá que asombrarse al ver, tarde o temprano, las casas destruidas por una creciente brutal, sin embargo, aunque se evidencia, no se toman en cuenta estas limitaciones: hay que ser capaz de determinar la extensión máxima del lecho del río durante la creciente, así como saber si las modificaciones ocasionadas relativas al medio natural, han modificado el régimen de las aguas.¹²

¹² **Musset Alain**, "Mudarse o desaparecer, traslado de ciudades hispanoamericanas y desastres (siglos XVI-XVIII)" págs. 41-69. en García Acosta Virginia (1996), *El estudio histórico de los desastres*, Tercer mundo Editores, Colombia.

Las mayores regiones urbanas, están expuestas a una crisis ambiental en todos sus niveles aire, suelo, agua, pero la misma crisis ambiental es percibida por la comunidad, como uno más de los riesgos a que se ven sometidos por el hecho de vivir en entornos urbanos¹³. A pesar de eso, no por vivir en una gran ciudad, deberían de presentarse estas dificultades.

Podemos decir que no todas manifestaciones de la naturaleza, necesariamente se convierten en desastres. De la misma manera, un desastre, no es un simple resultado exclusivo de la amenaza natural por sí sola, ya que lo que hacen los seres humanos, o lo que dejan de hacer, es un factor clave. Así, los problemas del ambiente y la seguridad, no radican exclusivamente como se ha mostrado en los habitantes del planeta, sino, y sobre todo, en que somos más vulnerables por el particular proceso de desarrollo en que estamos inmersos, que crea cada día un sinnúmero de nuevas amenazas, aumentadas

¹³ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 17 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

y existentes, en ausencia de principios serios de protección a nivel institucional y político.¹⁴

Por un lado, se plantea que la situación crítica de los recursos hídricos: contaminación, escasez, problemas de acceso, desigual distribución, etcétera, podrían eventualmente representar una amenaza o una traba al funcionamiento del sistema capitalista, a su reproducción; al mismo tiempo que se señala al sistema capitalista como uno de los principales promotores de difundir y convencer de que existe una crisis ecológica, ya que ante un problema estructural de estancamiento capitalista, el capitalismo verde significaría una válvula de escape o una nueva salida a las contradicciones del sistema. Por ello, la aparente coincidencia de la crisis del sistema capitalista con el surgimiento del movimiento ambientalista en Estados Unidos, y por ello la

¹⁴ **Dehays Rocha Jorge (2002)**, "Fenómenos naturales, concentración urbana y desastres en América Latina", Pág. 202. En revista de Perfiles latinoamericanos, junio N° 020, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, D. F. México.

necesidad de construir un fuerte discurso ideológico de base científica que la sustentara.

El verdadero cambio hacia una relación sustentable con el planeta necesariamente se dará en el contexto de nuevas relaciones sociales no capitalistas que tengan como objetivo primordial no la búsqueda de la ganancia sino de las necesidades genuinas de la población.¹⁵

1.2. Problemática social



Imagen 2.- Beber agua contaminada. Fuente: <http://www.ecoclimatico.com/>. **Reproducción con fines didácticos.**

El problema de la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad se agudiza cada vez más debido al incremento de la población y los niveles de contaminación que se

¹⁵ Peña, Alejandra. (2009). "Una Revisión Crítica De La Crisis De Agua En México". Tesis Doctorado En Geografía, Facultad De Filosofía, UNAM.

presentan por la mala disposición de las aguas residuales derivadas de muy distintos usos.¹⁶

En relación al agua, la dupla, población – recursos, aparece dentro de las mayores preocupaciones ambientales a nivel mundial. Se dice que La población del mundo, de casi 6.000 millones, está creciendo a razón de unos 80 millones por año. Esta cifra entraña un aumento de la demanda de agua dulce de aproximadamente 64.000 millones de metros cúbicos por año. Si bien las tasas de crecimiento de la población se han frenado algo; tanto el número absoluto de habitantes que se añaden cada año a la población, y la cifra pertinente para considerar la disponibilidad y necesidad de agua dulce, permanece cerca de los niveles más altos de la historia, Para dar un ejemplo, como desde 1970 se han añadido al planeta casi 2.000 millones de habitantes, se

¹⁶ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 147 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

dispone ahora de un tercio menos de agua per cápita que entonces.¹⁷

El Fondo de Población de las Naciones Unidas reportó en 2001 que la población mundial se triplicó en los últimos setenta años, mientras que el consumo de agua se sextuplicó. Dentro de los próximos 25 años, un tercio de la población mundial va a experimentar una severa escasez de agua. Hoy día, más de mil millones de personas carecen de acceso al agua potable de buena calidad; tres mil millones de personas (la mitad de la población mundial) carecen de sistemas de alcantarillado básico. Más de 90% de todas las aguas servidas en los países en desarrollo retornan sin tratamiento alguno a la tierra y a las corrientes de agua.

Para millones de personas la deficiencia de agua dulce está definida, tanto por la escasez y la mala calidad, como por la cantidad insuficiente. Tales

¹⁷ **Peña, Alejandra. (2009)**. "Una Revisión Crítica De La Crisis De Agua En México". Tesis Doctorado En Geografía, Facultad De Filosofía, UNAM.

estadísticas, muy alarmantes por cierto, subestiman el problema de la escasez. Toda, menos una pequeña fracción del agua dulce disponible, se necesita para la agricultura; gran parte del resto se deja *in situ* para transporte, pesca, generación de energía y muchos usos más (sin hablar del sostenimiento del medio ambiente). Por otra parte, las disparidades en la disponibilidad crean desigualdades dramáticas. China, por ejemplo, tiene 7% del total del agua dulce renovable existente en el mundo, pero tiene 22% de la población mundial. Canadá, con cerca de 0,5% de la población mundial, cuenta con 9% del agua dulce renovable del mundo. Más de la mitad del agua dulce disponible en el planeta está contenida en sólo diez países.

El malthusianismo ejerce una gran influencia en el debate medioambiental. La sobrepoblación y la escasez de los recursos son la explicación de base con la que se explica la crisis ambiental. Una población en constante crecimiento que demanda día a día más recursos, muchos de los cuales se mantienen en volúmenes constantes como el agua.

Los argumentos neomalthusianos consideran a la población al margen de conceptos como recursos, tecnología, producción, desarrollo, nivel y calidad de vida y la manejan como variable independiente, lo cual contribuye a ocultar la dependencia de las variables demográficas y de población de los factores de carácter económico, social, cultural, etcétera. Las lecturas desde el malthusianismo sobre la población y los recursos ocultan el trasfondo ideológico y desigual en el que se producen y distribuyen los recursos bajo el capitalismo. No se dice, por ejemplo que el 20% de la población del planeta consume el 80% de los recursos (principio de Pareto), tampoco es conveniente insistir en que un niño que nace hoy en los Estados Unidos ocasiona un daño destructivo en los ecosistemas terrestres dos veces mayor al de un niño nacido en Suecia, trece al de uno nacido en Italia, treinta y cinco al que nació en la India, 140 veces al que lo hizo en Bangladesh o Kenia y 280 veces al niño nacido en Chad, Haití o Nepal.¹⁸

¹⁸ Peña, Alejandra. (2009). "Una Revisión Crítica De La Crisis De Agua En México". Tesis Doctorado En Geografía, Facultad De Filosofía, UNAM.

El neomaltusianismo se presenta pues como un pilar que sostiene el organicismo y el ecologismo. La línea neo maltusiana ha permeado completamente en las organizaciones de carácter mundial, en lo que se puede nombrar como una alineación ideológica de estas instituciones.

Aunque el problema social no solo se expresa en el aumento de la población y en el mayor consumo de los recursos, sino también, en la mala utilización por parte de los seres humanos, ya que no se tiene una educación adecuada de cómo se debe de emplear el líquido, ya que entre más agua se disponga, más agua se consumirá, es por eso, que se debe de comenzar a ver la problemática no solo con fundamentos maltusianos, sino también con aspectos del manejo que se le da al recurso agua. Para los usuarios residenciales, implica un proceso de educación y de cambio de hábitos para generar un

uso más racional del líquido, reforzando con una estructura tarifaria que castiga el dispendio.¹⁹

Sin embargo, a pesar de que el consumo de agua ha crecido durante el último siglo, a un ritmo más de dos veces superior al de la población mundial, ese consumo sólo representa menos de la décima parte del agua dulce del planeta. Y, aunque no toda el agua del planeta está disponible para el consumo humano, el problema no parece ser, en sentido estricto del término, un problema de escasez. Sin embargo, los problemas de escasez real, contaminación, desigual distribución y otros provocan que: cada día mueran 3800 niños en el mundo por enfermedades asociadas a la falta de saneamiento y acceso a agua potable, la escasez afecte a cerca del 40% de los habitantes del planeta, haya 1100 millones de personas sin acceso a agua potable en cantidad y calidad adecuada para sus necesidades diarias y 2 600 millones carezcan de instalaciones de saneamiento aceptables, una de cada seis personas

¹⁹ Montero, Delia; Et Al. (2009) "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 168 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

en el mundo no tenga acceso al volumen mínimo de agua recomendado por las Naciones Unidas.

El incremento demográfico no es, por mucho, el que más efecto directo ejerce en los cambios ambientales globales, sino que son las complejas relaciones que se establecen con el crecimiento económico, los patrones tecnológicos y los ritmos de extracción y transformación de los recursos lo que explican esta situación.

14 <<<

A pesar de que se manejen distintos ideales respecto a esta actual crisis hídrica es cierto como se dice en el Segundo Informe de las naciones Unidas titulado “El Agua una Responsabilidad Compartida” La demanda de alimentos no es negociable. Mientras que el índice mundial de crecimiento demográfico disminuye, el número de personas que pasan a formar parte de la población mundial aumenta y los recursos per cápita disponibles son más restringidos, por lo que se hace necesaria una mayor productividad para poder compensar dicho crecimiento. Para satisfacer el aumento estimado

de la demanda de alimentos entre 2000 y 2030, se prevé que el cultivo de alimentos en los países en vías de desarrollo aumente en un 67%. Al mismo tiempo, la mejora continua de la productividad debería hacer posible que el incremento previsto del 14 % en el uso de agua con fines agrícolas se mantenga.

Se necesitan en promedio 3.000 litros de agua por persona para generar los productos necesarios para nuestra alimentación diaria. El agua absorbida por las plantas sirve para el desarrollo de los nutrientes del suelo, siendo luego liberada al aire a través de la transpiración. La mayor parte del agua de la que se alimentan las plantas procede de la lluvia, que humedece los suelos. La irrigación en cambio, sólo representa alrededor del 10% del agua usada para fines agrícolas, si bien desempeña un papel estratégico suple el agua de lluvia en aquellos casos en que la humedad del suelo no resulta suficiente para satisfacer con seguridad las necesidades de los cultivos. La agricultura está, cada vez más, bajo la mira de todos, debido a la merma de los recursos hídricos y a una mayor competencia intersectorial.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Perseguir objetivos modestos para el desarrollo de una mayor productividad agrícola, ha dado lugar a la decadencia de sectores de antaño invulnerables. La cantidad de agua disponible para la agricultura es cada vez más reducida a causa de la degradación de las tierras y de los sistemas hídricos, de la competencia con otros sectores económicos y de la necesidad de conservar la integridad de los ecosistemas acuáticos. La agricultura se ha visto presionada a reducir el nivel de impactos negativos que causa, sobre todo, los asociados al uso de fertilizantes y pesticidas, así como el despilfarro de agua.

A medida que la competencia aumenta, la irrigación debe ser analizada más atentamente, para así determinar las situaciones en que la sociedad se puede beneficiar de ella de manera más efectiva. El acceso a los recursos naturales debe ser negociado con otros usuarios de manera transparente, para así lograr una utilización óptima en condiciones de creciente escasez. Hoy día, está ampliamente reconocido que la gestión del agua para fines

agrícolas puede tener un impacto positivo, más allá de los resultados económicos de la producción agraria. El carácter multifuncional de la agricultura ha sido reconocido y es actualmente promovido en muchos países. Con el fin de conservar los ecosistemas naturales y su biodiversidad, así como minimizar los impactos negativos de la agricultura, es necesario estimular y orientar a los agricultores mediante políticas e incentivos apropiados. Este objetivo sólo se logrará si se adoptan las políticas oportunas. El sector agrícola afronta, en la actualidad, una serie de complejos desafíos. Es necesario producir más y mejores alimentos con menor cantidad de agua por unidad de producción. La población rural debe disponer de recursos y oportunidades que les permitan disfrutar de una vida sana y productiva.

A esa escasez relativa, a la que se asocian diversos factores que tienen que ver con los patrones de consumo, que revela una tasa de crecimiento del consumo de agua superior a la tasa de crecimiento de la población, y por otro lado, las prácticas y

políticas derivadas de un modelo neoliberal han delegado el sector empresarial la función del manejo, distribución y saneamiento del agua los propios usuarios, en el caso del sector agrícola, y el de los operadores, en el caso del servicio urbano. Para lograr efectividad de la política del manejo eficiente del agua, no basta con la tarea de generar información, si se tiene como objetivo un cambio de actitud, tanto los servidores públicos como los ciudadanos, lo que se requiere es crear una nueva cultura.²⁰

Para lograr un cambio, es de saber transformar hábitos, costumbres y creencias de la población en general, y si ésta no participa la discusión de la problemática referida situación real de su comunidad en cuanto a: agua potable, drenaje, alcantarillado, pagos, presente cobertura como mantenimiento de instalaciones, ante límite de tuberías, tinacos, etc., contra los desperdicio, contaminación, limpieza del

agua, uso racional del agua.²¹ También se deben comenzar a utilizar tecnologías limpias, que aseguren la sostenibilidad medioambiental.

La distinción entre el "valor" y el "precio" del agua se refleja en el modo en el que la sociedad percibe la "valía" del agua en sus diferentes usos. Valorar el agua supone reconocer el valor cultural, estético, social y medioambiental del agua y de los servicios conexos. Con la mayor apreciación de los valores no comerciales del agua, la sociedad exige reformas en la política hídrica que reflejen dichas consideraciones. Cuando se trata de estimar en términos financieros cuáles son los beneficios que la sociedad obtiene del agua, la técnica de la valoración económica facilita nuestra comprensión del valor del agua en su sentido más amplio.

²⁰, ²⁰ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 134,139, 141 Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

1.3. Problemática administrativa



Imagen 3.- Mantenimiento del sistema Cutzamala.
Fuente: <http://simasa.com.mx>. Reproducción con fines didácticos.

A pesar de las cuestiones que representa el recurso agua, por ser un elemento natural finito, que no puede ser producido por la mano del hombre y también la gran rapidez con la cual, el ser humano ha incrementado su especie, aunado a que no se posee una educación adecuada sobre el manejo del

recurso, las problemáticas anteriores tienen su explicación en una mala gestión del recurso.

Es por ello que desde la década de los años noventa se ha hablado de una crisis mundial de agua en diversos foros internacionales. Una crisis que en un principio se relacionaba con la preocupante situación de escasez de agua que se veía agudizarse en virtud del crecimiento de la población (la cual se triplicó durante el siglo XX y su demanda de agua creció seis veces), el proceso de industrialización y la urbanización; lo cual derivaba en una mayor presión por el escaso recurso y en un grave daño ambiental. Este diagnóstico primario, presentaba una idea de la crisis que se enfocaba en el tema de la escasez, haciendo tabla rasa de cuestiones fundamentales como el acceso, la disponibilidad, la accesibilidad, la contaminación, etcétera. Debido a lo débil del argumento de la escasez del recurso agua, y a las múltiples críticas que este diagnóstico suscitó, el discurso se fue afinando, paulatinamente, hasta llegar a declaraciones más recientes como la del Consejo Mundial del Agua que reconoce que la crisis

>>> 17

del agua es fundamentalmente un problema de gobernabilidad, de gestión y administración de los recursos y no de la escasez del líquido en el planeta. Sin embargo, la idea de la crisis siguió estando presente, y se advierte “va a empeorar, independientemente de que se siga debatiendo de la existencia real o supuesta de esa crisis”.²²

En el Segundo Informe de las Naciones Unidas titulado: “El Agua una Responsabilidad Compartida” se menciona que la insuficiencia de agua se debe principalmente, a un abastecimiento ineficaz y no a un déficit del recurso. Dicha insuficiencia es debida, a menudo, a una mala gestión, a la corrupción, a la falta de instituciones adecuadas, a la inercia burocrática y a la falta de inversión, tanto en capacidades humanas como en infraestructuras físicas. La escasez de agua y el aumento de la contaminación son desafíos de origen tanto social como político, que se pueden afrontar modificando la

demanda y el uso del agua, mediante la educación, una mayor sensibilización y a través de la reforma de las políticas hídricas. La crisis del agua radica, cada vez más, en el modo de regir el acceso y el control sobre los recursos hídricos y sus beneficios.

La tensión hídrica tiende a darse cuando se coartan las libertades y derechos individuales. Una comparación entre países, basada en la disponibilidad de agua per cápita y en la gobernabilidad democrática, demostraría que muchos países se encuentran ante un doble desafío: las tensiones y la escasez de agua, por una parte, y unos derechos políticos y libertades civiles limitados, por otra. Éste es, precisamente, el caso que se da en Oriente Medio y en el Norte de África. Por lo tanto, la reforma del sector hídrico debe ir de la mano de una reforma global de la gobernabilidad. Es realmente poco probable que la participación, la transparencia, la descentralización y la gestión del agua se afiancen en el sector hídrico si el sistema global de gobernabilidad del país no lo facilita.

²² Peña, Alejandra. (2009). “Una Revisión Crítica De La Crisis De Agua En México”. Tesis Doctorado En Geografía, Facultad De Filosofía, UNAM.

La batalla global contra la corrupción exige un mayor esfuerzo y una mayor acción a todos los niveles. La corrupción le cuesta al sector hídrico millones de dólares cada año. La misma, dilapida los escasos recursos monetarios y reduce las probabilidades que tiene un país de distribuir agua y saneamiento para todos. Si bien la corrupción existe en todos los países, en algunos tiene lugar de forma más sistemática. La corrupción es, a menudo vista como parte de una práctica empresarial o del sector público que se considera normal, tanto entre los organismos públicos, como entre los ciudadanos y el sector privado. Sin embargo, la lucha contra la corrupción ha ganado terreno. Muchas organizaciones bilaterales y multilaterales, gobiernos, organizaciones de la sociedad civil y empresas privadas, se encuentran elaborando directrices internas y externas de gobernabilidad, además de códigos de conducta, y están patrocinando investigaciones y programas de desarrollo en materia de anticorrupción y de mejora de la gobernabilidad.

El sector hídrico requiere una mayor inversión. La falta de información y de indicadores fiables ha contribuido a la grave carencia de inversiones y a que la participación de los donantes en este sector sea reducido. Los inversores privados se desalientan al comprobar que el sector presenta riesgos elevados, y que los beneficios de la inversión son menores y a más largo plazo en comparación con los de otros sectores. Tanto los inversores del sector público como privado se ven también desanimados por una gobernabilidad incongruente.

Por lo que a la cantidad de agua se refiere, es importante tener en cuenta cuál es la productividad del agua usada. El valor industrial añadido (o número de unidades producidas) por unidad de agua utilizada varía profundamente según el país y el sector industrial de que se trate, dependiendo del valor del producto y del valor conferido al agua empleada en el proceso. Sin embargo, resulta ser un buen elemento de referencia para que las empresas realicen seguimientos de aquellas modificaciones más eficaces en los procesos que dan lugar a una mejor

gestión medioambiental. Son varias las estrategias que se pueden emplear en la gestión industrial para obtener una mejor productividad del agua: auditorías, ajuste de la calidad del agua en función de los usos, reciclaje y reutilización del agua "in situ" y, en la medida de lo posible, utilizar agua depurada en lugar de agua dulce.

Muchas de las soluciones a los problemas hídricos se basan en una mejora de la gobernabilidad. El agua desempeña un papel fundamental en el fomento del desarrollo socioeconómico, la protección medioambiental y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Sin embargo, son muy pocos los países de bajos ingresos que consideran el agua como un elemento clave de sus planes y presupuestos nacionales. La mala gestión del agua es habitual y se caracteriza por la falta de integración, por un enfoque sectorial y por la resistencia institucional a los cambios entre los principales organismos públicos y en un contexto de competencia creciente. Tan sólo un número reducido de autoridades locales y de asociaciones cuentan con

los recursos necesarios para asumir las responsabilidades que les han sido delegadas desde la administración central.

La crisis ecológica tal vez ha existido por milenios, por lo que puede no ser un producto de la modernidad ni de la época actual, tal vez ni siquiera del sistema capitalista. El hombre en sociedad desde siempre ha impactado negativamente la biosfera, pero también la ha impactado favorablemente haciendo posible, por ejemplo, una producción sostenida de alimentos que ha hecho posible un crecimiento poblacional como nunca antes registrado. A partir de qué parámetros se habla de crisis, quienes la difunden, en base a qué tipo de información, puede ser muy cuestionable.

1.4. El agua en Mexico



Imagen 4.- Municipios conurbados en el D.F.
Fuente: <http://tvnoticias.wordpress.com>.
Reproducción con fines didácticos.

Los asentamientos con problemas ecológicos más notables, son las ciudades en donde se encuentra una mayor concentración de población, las cuales requieren una mayor cantidad de recursos, que en ocasiones el entorno natural inmediato no puede proporcionar.

“Debido a la rapidez con la que nos hemos convertido en un país predominantemente urbano. Actualmente el número de ciudades del país es muy alto, y entre ellas encontramos no sólo las grandes metrópolis que son centros económicos de importancia, sino además ciudades chicas y medianas vinculadas con actividades manufactureras, turísticas, petroleras y de prestación de servicios que desempeñan un rol productivo, comercial y de servicios muy relevante en las diferentes regiones del país. [...] A la vez que los espacios urbanos son centros neurálgicos de la concentración económica y poblacional, somos un ejemplo claro de las desigualdades económicas y las deficiencias de infraestructura que están presentes en esta sociedad. El acelerado proceso de urbanización que México experimentó en la última mitad del siglo XX no permitió que la política urbana dotada al mismo ritmo de empleos y de servicios públicos a la población urbana. De esta forma, estas

mismas deficiencias incrementan la vulnerabilidad de las ciudades”.²³

La SEMARNAT menciona en el documento: “Estadísticas del Agua en México, edición 2010”, que uno de los objetivos del Programa Nacional Hídrico 2007-2012, consiste en mejorar el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico. Una de las estrategias para lograrlo es a través del sistema de información estratégica e indicadores del sector hidráulico, para lo que se plantea la meta de diseñar e implantar al 100% el SINA en el 2012.

En México, la administración y preservación del recurso hídrico es una tarea compleja que requiere el trabajo conjunto de diversas dependencias federales, estatales y municipales, y de la sociedad en general. Para lograrlo, es de relevancia que los

²³ Martínez, Julia, Fernández Adrian (2004). “Cambio climático, una visión desde México”. Pags. 267 - 270 SEMARNAT, INE. México, D.F.

actores cuenten con información confiable, actualizada y oportuna acerca de todos los aspectos relacionados con la gestión del agua, desde las variables relativas a los componentes del ciclo hidrológico, hasta los aspectos socioeconómicos que impactan en el uso del recurso.

El INEGI menciona que la superficie de México comprende una extensión territorial de 1 964 375 km², de los cuales 1 959 248 km² son superficie continental y 5 127 km² son superficie insular. Adicionalmente, a este territorio debe sumarse la Zona Económica Exclusiva de mar territorial, que comprende 3 149 920 km², por lo que la superficie total del país es de 5 114 295 km². México se encuentra ubicado entre los meridianos 118°42' y 86°42' de longitud oeste y entre las latitudes 14°32' y 32°43' norte, se encuentra en las mismas latitudes que los desiertos de Sahara y Árabe. Por las características del relieve de México, en el país existe una gran variedad de climas. Dos terceras partes del territorio nacional se consideran áridas o semiáridas, mientras que el sureste es húmedo, con

precipitaciones promedio que rebasan los 2 000 mm por año en algunas zonas. El 63% de la población del país habita en cotas superiores a los 1 000 metros sobre el nivel del mar.

De acuerdo al INEGI, México está integrado por 31 estados y un Distrito Federal (D.F.), constituidos por 2439 municipios y 16 delegaciones del D.F. respectivamente. De 1950 a 2005, la población del país se cuadruplicó, y pasó de ser predominantemente rural (57.4%) a principalmente urbana (76.5%). Al mismo tiempo la tasa de crecimiento media anual disminuyó significativamente. La mayor tasa se presentó en el periodo 1960-1970 (3.40%), para después decrecer hasta llegar a un valor de 1.02% en el periodo 2000-2005.

Aproximadamente el 10% de la población rural se encuentra dispersa en pequeñas localidades de menos de 100 habitantes, a las cuales es muy costoso dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado. Existen 30 núcleos de población en el

país con más de 500 mil habitantes, de los cuales 27 se refieren a alguna zona metropolitana (ZM) y los demás son municipios individuales.

La Comisión Nacional del Agua dice que el país se ha dividido en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas debido a que las cuencas son las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, esto con el fin de organizar la administración y preservación de las aguas nacionales. Las Regiones Hidrológico-Administrativas están formadas por agrupaciones de cuencas, respetando los límites municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus funciones a través de 13 Organismos de Cuenca (antes conocidos como Gerencias Regionales), cuyo ámbito de competencia son las Regiones Hidrológico-Administrativas, las cuales se muestran en la siguiente figura:



Imagen 5.- Regiones Hidrológico - administrativas de México. Fuente SEMARNAT 2010. Reproducción con fines didácticos.

Las Regiones Hidrológico-Administrativas fueron definidas conforme a la delimitación de las cuencas del país, y están constituidas por municipios completos. Los municipios que conforman cada una de esas Regiones Hidrológico-Administrativas se

indican en el Acuerdo de Circunscripción Territorial de los Organismos de Cuenca publicados el 12 de diciembre de 2007 en el Diario Oficial de la Federación. Por otra parte, la CONAGUA cuenta con 20 Direcciones Locales (antes Gerencias Estatales) en las entidades federativas en las que no se encuentran las sedes de los Organismos de Cuenca.²⁴

La gestión, distribución y saneamiento del agua es un tema delicado en México, toda vez que 12 millones de mexicanos carecen del servicio de agua potable, 23 millones están desprovistos de sistemas adecuados de saneamiento. La situación más grave se detecta en el medio rural, donde las coberturas de agua potable y alcantarillado son de 68% y 36.7% respectivamente. La zona metropolitana del valle de México es la región de mayor importancia económica, política y social del país. Su crecimiento llevó a concentrarse en el 2005 una población de 19

²⁴ Semarnat. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. Conagua, México.

millones de 69,910 habitantes en casi 70084 km², con la densidad de población de 2,450 personas por kilómetro cuadrado, que es la más alta de México, y a ubicarse entre las de mayor densidad demográfica del mundo. En esta zona también se representa la mayor concentración industrial. Actualmente en ella se genera 32% del Producto Interno Bruto manufacturero del país.²⁵

Como se ha visto, el agua es uno de los recursos naturales que por el aumento de la población y su concentración en una zona específica, sumado al mal entendimiento del entorno natural inmediato, está en problemas. Un ejemplo de las ciudades donde se encuentran en esta situación, es la ciudad de México, que sus orígenes se remontan a la creación de la antigua Tenochtitlán donde:

“La decisión de Hernán Cortés establecer la capital de la nueva España sobre las ruinas de la antigua Tenochtitlán, corresponde a una preocupación

²⁵, ²⁶ **Montero, Delia; Et Al.** (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 49, 94. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

geopolítica evidente: se trataba de instalar a los conquistadores al frente del imperio azteca, de recuperar en su beneficio los flujos económicos generados por el sistema tributario. Pero esta decisión, en apariencia perfectamente lógica, no tardaría en enfrentar a los españoles a una difícil situación. Cercado por todas partes por lagos y pantanos, los nuevos habitantes de México no pudieron hacer frente a los problemas que planteaba la gestión y control de los extensiones de agua.²⁶ Por lo que:

“su estado natural ha sido modificado por medios artificiales para convertirla en una cuenca que transfiere sus aguas residuales y pluviales a la cuenca de Tula. En 2004 se exportaron a dicha

²⁶ **Musset Alain**, “Mudarse o desaparecer, traslado de ciudades hispanoamericanas y desastres (siglos XVI-XVIII)” págs. 41-69. en García Acosta Virginia (1996), *El estudio histórico de los desastres*, Tercer mundo Editores, Colombia,

cuenca 1041. 59 hm³ de aguas residuales conectadas de origen urbano e industrial.²⁷

Como se mencionaba anteriormente, las crisis ecológicas se deben principalmente a los factores del inadecuado conocimiento que se tiene sobre el lugar y a la sobre explotación de los recursos naturales del entorno inmediato, a causa de la gran cantidad de población que se acumula en una zona. Hablamos pues, de un mal entendimiento del entorno, en este caso específicamente, ya que señalando un gran contraste en el que se encuentra la ciudad de México actualmente y a lo largo de toda su historia, es que, la ciudad además y entre otras cosas ha sufrido la falta de agua en los hogares y a su vez de inundaciones, por lo que ocasiona muchas veces, daños materiales y humanos, por lo que se le dice que es un “desastre natural”, pero si bien podríamos decir que:

Muchas veces la magnitud que alcanzan los desastres naturales, se deben a razones no

naturales, ya sea por falta de previsión o acciones previas destructoras del medio ambiente.²⁸

Y que:

No todas manifestaciones de la naturaleza, como los terremotos, los huracanes o las erupciones volcánicas, necesariamente se convierten en desastres. De la misma manera, cuando por un desastre, es una simple resultado exclusivo de la amenaza natural por sí sola, ya que lo que hacen los seres humanos, o lo que dejan de hacer, es un factor clave²⁸.

Todo lo anterior puede sonar confuso para quien no conoce o no habita en la ciudad de México, incluso puede ser confuso para sus habitantes, es difícil poder imaginar como un lugar puede estar inundado [repleto de agua] y a su vez puede escasear el recurso.

²⁸ Rodríguez Alfredo Eduardo (1990), “Desastres urbanos, fenómenos no naturales”, Pág. 11 Instituto Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo, Buenos Aires, Argentina.

A pesar de las inundaciones provocadas por las lluvias, (debido a que su geografía natural es la de lago), que pueden ser aprovechadas para dar abasto a la ciudad, la ciudad tiene que recurrir a sistemas adicionales como son: las cuencas aledañas como la del Rio Cutzamala y la del Rio Lerma, esto debido a que la extracción de agua mediante pozos (principal medio de abastecimiento y que fomenta totalmente la destrucción del medio ambiente) es insuficiente.

Debido a la gran población de la ciudad de México, las fuentes de donde se extrae el recurso agua se están explotando cada vez más, lo que puede llevar al agotamiento de estas. Sumado a esto, para abastecer de agua a la ciudad se deben de recorrer cientos de kilómetros, para lo cual se implementa una gran inversión en redes hidráulicas, que transportan el líquido y lo distribuyen a los distintos puntos de la ciudad, inversiones que resultan ser enormemente costosas.

“Mantener la actual oferta de agua en la ciudad implica costos ambientales elevados porque cada vez

se extrae de mayor profundidad, lo cual causó daños ecológicos irreparables, aunado al hecho de mayores costos de extracción, así como a costos de importación más elevados. También se enfrentan mayores costos sociales, ya que los portadores de derechos de otras cuencas ya no quieren enviar el agua de su jurisdicción hacia la ciudad. Ante esto, los gobiernos involucrados en el suministro de agua a la ciudad no tienen otra opción más que revisar su política hídrica es una práctica dirigida a la administración de la demanda”.²⁹

Las inundaciones además de deberse a la gran cantidad de agua que es proporcionada por la lluvia, se debe a la saturación de las redes sanitarias, debido que se envía una gran cantidad de líquido proveniente de su uso para actividades humanas, recurso que se obtiene de las fuentes mencionadas anteriormente, aunado a la geografía natural de la ciudad.

²⁹ Montero, Delia; Et Al. (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 51. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

Es por eso que Legorreta (2009) obliga a cuestionar si realmente la Ciudad de México requiere de la importación de agua de otras regiones. Plantea un escenario de una relativa abundancia y con infraestructura inadecuada, ya que hay en la ciudad cuenta de ocho Ríos con abundante agua cristalina que se envía directamente al drenaje. 14 conducen agua durante todo el año, y los demás durante el periodo de mayo - octubre, asimismo, nos recuerda que el valle de México es una cuenca lacustre cerrada que recibe abundante agua de lluvia: la mayor parte se envía directamente al drenaje, lo que genera un problema de vulnerabilidad hidráulica, por el peligro que provocan las inundaciones. Salvo opinión autorizada al contrario no debemos seguir operando con el velo de la escasez física del agua, ni con la falta de voluntad política para desterrar toda el agua para el manejo sustentable de la cuenca dictamina: la escasez, que invariablemente se presenta en determinadas zonas de la ciudad y en determinados sectores sociales, no depende del volumen del líquido sino de los criterios y las infraestructuras de su distribución. Más obras de

mayor volumen de abastecimiento de agua no garantizaban y garantizarán el suficiente líquido hacia las zonas y sectores de la población que lo necesitan tener”.³⁰.

Por todos los problemas que presenta una megalópolis en el sector hídrico, como lo es la Ciudad de México, ha llevado a diseñar estrategias, indispensables para continuar libremente con las diversas actividades que se desarrollan en estas poblaciones.

Las principales estrategias de la nueva gestión hídrica se basan en la adecuada inversión hacia las fuentes de los recursos naturales, la administración política, en la materia económica de cobro para lograr la sustentabilidad de las compañías que proporcionan los servicios, así como, del tratamiento de las aguas negras para que puedan contaminar menos en donde son descargadas y puedan tener otra utilización en el sector agrícola, el cual en el País

³⁰ Montero, Delia; Et Al. (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 164. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

de México, utiliza aproximadamente el 78% de los recursos hídricos del país.³¹

La evolución de las sociedades y el cambio de los modos de vida, han hecho que la agricultura en ocasiones no sea el generador principal en materia económica que una ciudad puede tener, si bien necesita el recurso alimenticio para subsistir, pasa a otro término y es ocupado por los servicios humanos y la industria, los cuales generan un mayor número de ingresos y capital.

A pesar de que la agricultura en todo el territorio mexicano consume el 78% del recurso, en la ciudad de México, se ocupa para este caso solo el 20%, dejando 6% para la industria, 1% para otros usos y el 73% restante para el abastecimiento público, es

³¹ SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

decir, uso doméstico y público urbano [arquitectura].³²

Reflexiones

Como se observó se separaron las problemáticas en ambientales, sociales y administrativas, para poder estudiarlas de mejor forma, pero claramente se puede apreciar que todas ellas funcionan como un sistema, en el que cada elemento interviene en el otro, y la disfuncionalidad de uno en mayor o menor medida, puede afectar gravemente a los otros dos: también se muestra que todas estas clasificaciones muestran diversos problemas por lo que es necesario aplicar una estrategia adecuada que englobe todos estos aspectos y pueda ofrecer soluciones de forma sistémica. La estrategia que se aplicará en esta investigación es la Gestión Integral del agua, por lo que en el siguiente capítulo se hablará de cómo esta gestión, puede ser la solución.

>>> 29

³² SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Las conjeturas que llevaron a ver que la Gestión Integral del Agua, es una adecuada solución para enfrentar las múltiples problemáticas es básicamente la relación de una con otra, ya que, solo de esa forma global puede hacerse frente.

Todas las problemáticas se deben de forma obvia a la presencia del hombre, este es quien las ocasiona y este es quien las reciente

En cuanto a las cuestiones ambientales podemos ver que la presencia del ser humano, ocasiona la explotación del recurso agua de las diferentes fuentes hídricas, actualmente siendo una sobrexplotación, lo que conlleva al agotamiento de estos. También debido a la mala planeación de algunos centros de población, se pueden producir desastres naturales ocasionados por el agua, tal como inundaciones. El manejo actual de las aguas residuales que son vertidas en las fuentes hídricas, produce su contaminación, por lo que acarrea consigo que no puedan ser utilizados. Esto

demuestra que una adecuada gestión del agua es necesaria.

Las cuestiones sociales básicamente son derivadas aparentemente por el aumento de población, pero no solo esa es la razón, sino que este crecimiento lleva consigo una errónea educación acerca del uso del líquido. Por lo que es necesario que la gestión vierta en la población una adecuada cultura del agua.

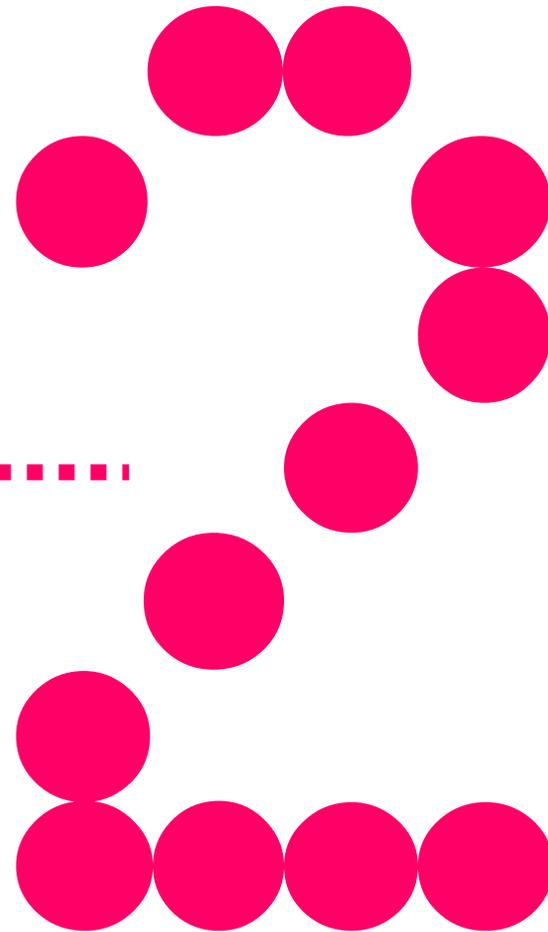
Las problemáticas administrativas, están basadas en las equivocadas inversiones que se han hecho para dotar de agua a la población, ya que cada zona debe tener soluciones particulares, y no soluciones basadas en obras enormes y globalizadas, tanto en dimensiones como en costos, además estas obras siempre traen consigo problemas de corrupción y al servir de forma general ningún individuo lo siente como parte de sí, generando problemas en la recuperación de las inversiones. Y lo peor de todo, es que estas inversiones aunque se manejan de forma general no son para todo, ya que como la mayoría se basa en extraer el recurso fuera del centro urbano

que lo necesita, muchas de las zonas conurbadas quedan sin acceso al recurso, originando una pésima calidad de vida a los habitantes de las zonas de donde se extrae el recurso. Por lo tanto se necesita de una apropiada gestión de agua.

Podemos darnos cuenta que al hablar de seres humanos y centros urbanos, se está hablando de que la arquitectura estará inmersa, por lo que se puede decir que existe un vínculo casi inseparable entre el ser humano actual y la arquitectura, por lo tanto esta es una de las razones por la que la arquitectura debe estar involucrada en mayor medida en esta Gestión Integral del agua. Ya que, la arquitectura siempre será el medio de interacción entre el habitar del hombre y la naturaleza.

.la gestión integral del agua (gia)

32 <<<



c2. LA GESTION INTEGRAL DEL AGUA (GIA)

“El sabio puede sentarse en un hormiguero, pero solo el necio se queda sentado en él” (Proverbio Chino)

Ha llegado la hora de levantarse del hormiguero.

La búsqueda de alternativas para promover un mejor desempeño en el sector hidráulico, requiere la concurrencia interdisciplinaria como reflejo fiel de la complejidad asociada con las múltiples dimensiones del agua para promover su disponibilidad, distribución, disposición y correspondencia de tratamiento, de ninguna manera es un asunto público sencillo de aprender. En primer lugar, por las restricciones ecológicas, científicas, técnicas, institucionales, culturales, presupuestarias, políticas y sociales que deben considerarse en el diseño de las propuestas de solución; en segundo, porque existen diferentes perspectivas de solución e interpretación, en cuanto a la manera en la que debe

atenderse la solución a un problema público de esta envergadura, ya que tiene garantizar la disponibilidad de agua en cantidad suficiente y con la calidad inmejorable para los ciudadanos, con el menor costo de oportunidad social y ecológico que sea posible.

Hay suficiente agua para todos. El problema que enfrentamos en la actualidad es, sobre todo, un problema de gobernabilidad cómo: compartir el agua de forma equitativa y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas naturales. Hasta el día de hoy, no hemos alcanzado este equilibrio.

>>> 33

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Para muchos gobiernos, afrontar de forma efectiva los numerosos aspectos conexos que afectan al agua está siendo realmente difícil. Esto, no sólo es complicado en materia de colaboración entre los departamentos de los gobiernos nacionales, sino también en aquellas ocasiones en que las decisiones de gestión se deben tomar a niveles inferiores, ya que, en el mejor de los casos, la relación y la cooperación entre los diferentes niveles gubernamentales son mínimas. Además, el desafío que para las instituciones gubernamentales supone asociarse con las ONG y con el sector privado para resolver determinados problemas relacionados con el agua, que complica todavía más la gestión y la toma de decisiones. La gestión del agua se complica aún más en aquellos casos en que los ríos atraviesan varios países. El establecimiento de relaciones de cooperación río arriba-río abajo es cada vez más importante, teniendo en cuenta que casi la mitad de la población mundial vive en cuencas fluviales o sobre acuíferos que cruzan alguna frontera internacional.

Resulta fundamental poder entender mejor las múltiples facetas del valor del agua y las herramientas económicas relacionadas. Tanto los planificadores, como los responsables de elaborar políticas, necesitan entender las posibilidades y las limitaciones de las técnicas de valoración, y el papel que éstas pueden jugar en la orientación de los debates y decisiones sobre la gestión y distribución de los recursos hídricos. También se necesitan técnicos que sepan expresar con claridad los conceptos económicos, hacer uso de las herramientas disponibles y ayudar a todas las partes implicadas a manifestar sus valores y preferencias. De este modo, las técnicas de valoración pueden favorecer la transparencia en la gobernabilidad del agua y mejorar las posibilidades de compartir informaciones. Sin embargo, el verdadero desafío a la hora de valorar el agua no consiste en dominar las técnicas econométricas necesarias para realizar su valoración económica, sino en la capacidad de reflejar en las decisiones de gobernabilidad y gestión los diversos valores del agua reconocidos por sus múltiples usuarios, la distribución del agua, y

determina ¿a quién, desde dónde, cuándo y cómo se suministra agua? Este tipo de decisiones sobre la gobernabilidad del agua se toman sin cesar alrededor del mundo. Los escenarios varían, de la misma forma que lo hacen las personas y los grupos implicados: hogares urbanos y rurales, vecindarios, pequeñas empresas y consejos de administración, oficinas gubernamentales en el ámbito local, estatal y nacional, además de la escena internacional. En situaciones reales de la vida cotidiana, la diferencia entre tener y no tener acceso diario a una cantidad justa de agua es un problema de supervivencia. El cómo y quién está involucrado en la gobernabilidad del agua afecta al caudal de los ríos, a las aguas subterráneas y a los niveles de contaminación, además de determinar la proporción de agua que corresponde a los usuarios agua arriba y agua abajo. La capacidad que tienen los países de suministrar agua y servicios de saneamiento para todos, de aplicar estrategias para el alivio de la pobreza y planes de gestión para satisfacer nuevas demandas en materia de agua y gestionar conflictos y riesgos, depende en gran medida de su capacidad para

establecer sistemas sólidos y efectivos de gobernabilidad. La supervisión de la corrupción, de los procesos de democratización y de los desequilibrios de poder entre países y personas ricas y pobres está cada vez más aceptada. De hecho, la gobernabilidad y la política se ven cada vez más como parte del problema y, por lo tanto, como parte esencial de toda solución de la crisis del agua.

Ahora que se ha reconocido que la crisis de agua, es primordialmente una crisis de administración de los recursos, y de los múltiples desafíos sociales, económicos y políticos sobre cómo administrar el agua con mayor eficacia; la adopción de enfoques holísticos integrados para la administración del agua, cobra un interés singular. Es por ello que la Gestión de los Recursos Hídricos, se plantea como el eje central sobre el que verse la variabilidad y complejidad de esta importante tarea. Ya en el Segundo Foro Mundial del Agua de la Haya, en el año 2000, se identificó la administración de agua como una de las principales prioridades de acción, y en la Asamblea del Milenio de las Naciones Unidas

efectuada en el mismo año, los jefes de estado reconocieron la importancia de la conservación y gestión para proteger nuestro medio ambiente común, poniendo un énfasis especial en la prevención de la explotación irracional (no sostenible) de los recursos hídricos, a través del desarrollo de estrategias de gestión del agua a todos los niveles, favoreciendo un acceso equitativo y un abastecimiento adecuado. Por lo tanto, podemos identificar con claridad algunos elementos recurrentes en el actual discurso del agua en el mundo que bien podrían entenderse como ejes de referencia y acción que marcan la línea por donde discurren todos los programas internacionales en materia de agua.

La gobernabilidad de los recursos hídricos debe evaluarse teniendo en cuenta los cambios anteriores, cambios, en algunos casos rápidos y notorios y, en otros, insidiosos y persistentes. El segundo Informe, “El agua, una responsabilidad compartida”, trata los temas relacionados con el agua en este contexto

cambiante y hace especial hincapié en los asuntos de gobernabilidad.

Desde luego la anterior implica abordar el tema con una visión de conjunto que comprenda la aplicación de tecnologías innovadoras adaptadas a las necesidades regionales de nuestro país con un sólido fundamento científico, así como la promoción de un enfoque alternativo de gestión y una nueva cultura del agua que establezca responsabilidades entre los distintos usuarios. Es decir, se trata de que los conocimientos generados en el área científica y tecnológica sean complementarios, orientados a lograr la gestión del recurso y se contemple la nueva gubernatura con instituciones que ya participan en la extracción, saneamiento y distribución u otras que se requieren en su instrumentación, y desde luego una nueva cultura donde están implicados no solamente

el sector público y privado, sino a la sociedad en su conjunto.³³

La disponibilidad de agua a un precio asequible produce cada vez más inquietud a nivel político y económico. El aumento de la población y unos ingresos más altos estimulan la demanda directa e indirecta de mejores servicios de saneamiento y abastecimiento, tanto de alimentos, bienes manufacturados y energía, como de servicios medioambientales. Teniendo en cuenta sus propiedades únicas, tanto que el elemento es esencial para la vida y los papeles innumerables que llega a desempeñar; por tanto el agua goza de numerosos valores, sociales, culturales, medioambientales y económicos. Todos estos valores han de ser considerados a la hora de elaborar políticas y programas relacionados con el agua si se pretende conseguir una gestión de los recursos hídricos que sea equitativa, eficiente y sostenible para el medio ambiente.

³³ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 6-7. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

Está comúnmente aceptado que una gestión del agua adecuada y sostenible se debe llevar a cabo mediante un enfoque integrado, que la evaluación del recurso es fundamental para que las decisiones se tomen de forma razonada y que la capacidad nacional para realizar dichas evaluaciones debe contar con un mayor apoyo internacional en el ámbito local. Así, resulta fundamental facilitar la comprensión global del estado de los recursos de agua dulce del planeta.

Se puede ver que existen esfuerzos por parte de todos los sectores para contrarrestar la actual crisis hídrica que enfrenta el planeta, por lo cual podemos decir que los:

"procesos y acciones que tienen relación directa con la regulación, planeación, dirección, supervisión y control de la ocurrencia del ciclo hidrológico y los usos que se le dan al agua" (García 2009:96),

Y que en conjunto:

>>> 37

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

“configuran una forma de controlar y aprovechar el recurso agua para beneficio de la sociedad” (Sandoval 2009:85).

Se les conoce como, Gestión Integral del Agua (GIA).

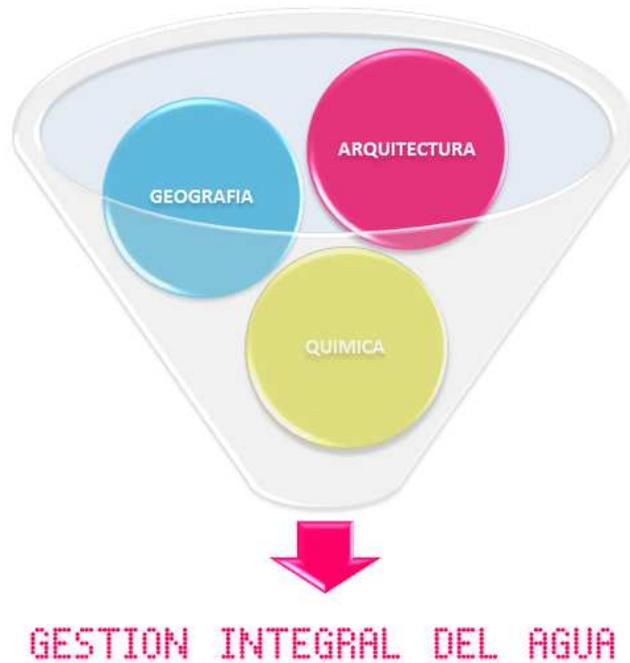


Imagen 6.- Esquema de la composición de la Gestión Integral del Agua. Fuente Propia D.R.

Así la GIA se desarrolla con la finalidad de ir construyendo todo un proceso multidisciplinario, en el cual, poco a poco, se suman áreas de conocimiento que proponen soluciones particulares a cada caso y que en conjunto crearán soluciones más adecuadas, debido a la integridad de estas.

Compartir el agua resulta esencial para la emergente cultura del agua: la Gestión Integral del Agua, busca una gestión del agua más eficaz y equitativa mediante la intensificación de la cooperación. Vincular las instituciones relacionadas con las aguas superficiales y subterráneas, reclamar más medidas legislativas alrededor del mundo, favorecer la participación pública y estudiar soluciones alternativas para resolver disputas: todo ello forma parte del proceso.

Por lo tanto “hay mucho trabajo por hacer en cuanto a reducir el consumo de agua en todos los ámbitos,

pero principalmente en los que mayor porcentaje del gasto suponen”.³⁴

1.1. La necesidad de la arquitectura en la GIA

El arquitecto es uno de los actores que debe intervenir en la GIA, ya que su papel es fundamental debido a la actividad que desarrolla dentro de una población, la cual es generar arquitectura, es decir, crear un espacio:

“funcional [...] que permita la realización normal de los actos psico-biológicos del hombre”(Arai, 1938).

El agua es primordial para realizar dichos actos y vemos que dentro de la arquitectura es donde regularmente el ser humano desarrolla la mayoría de sus funciones diarias.

³⁴ Montero, Delia; Et Al. (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 91. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

Dentro de una ciudad, los edificios y sus usuarios son los mayores consumidores de recursos hídricos, lo que forma un amplio campo de acción para que los arquitectos puedan hacer acto de intervención, diseñando a la par con el agua a través de técnicas y tecnologías adecuadas para lograr la máxima eficiencia que el recurso puede proporcionar, logrando brindar a la sociedad la nueva arquitectura del agua.

Es necesario conocer el panorama general de la utilización del recurso, para saber por medio de que estrategias se puede abordar el tema, para tratar de dar la mejor solución, de forma integral, obteniendo el recurso de mejor manera, maximizando su eficiencia para finalmente reducir su consumo y paulatinamente los costos.

Se debe comenzar a aprovechar las fuentes hídricas naturales de la que las ciudades se abastecen, y también se tiene que aprender a utilizar el agua de forma adecuada para lograr un manejo sustentable, en donde sea capaz de después de utilizarla infiltrarla

al subsuelo de forma adecuada, para que así, el medio ambiente no sucumba a la explotación. También las técnicas y tecnologías que se apliquen deben de ser económicamente factibles y redituables, para generar con lo anterior el beneficio de la sociedad, para que en los años por venir el recurso agua local siga satisfaciendo las necesidades de las próximas generaciones.

La cantidad de agua pluvial anual, nos da un parámetro de lo que la naturaleza nos ofrece para poder utilizarlo sin necesidad de importar el agua desde otro lugar, esta se transforma en escurrimientos superficiales y recarga los acuíferos; a esto se le conoce como Disponibilidad Natural Media1 acuíferos.³⁵

La disponibilidad natural media del País de México es de 4312 m³/habitante/año y según su uso de clasifica de la siguiente forma:

77% para el uso agrícola, 14% para el abastecimiento público, 5% termoeléctricas y 4% industria autoabastecida.³⁶

Esto parece indicar que a nivel nacional el sector sobre el que se debe poner mayor énfasis es el de la agricultura que es el que mayor cantidad de líquido consume. Esto podría ser un poco engañoso en cuanto nos acercamos a las zonas en donde se encuentra concentrada una mayor cantidad de población, como es la zona del valle de México que para el 2010 contaba con una población de 21 258 911 habitantes³⁷ y que produce el mayor porcentaje de producto bruto interno (PBI) con un 25.50% anuales.

³⁵ SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

³⁶, ³⁶ SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

La disponibilidad natural media del recurso agua en la zona del valle de México es de 143 m³/habitante/año muy por debajo de la media nacional, por lo que se considera de acuerdo al índice de Falkenmark una escases de agua extrema ya que se encuentra por debajo de los 1000 M³/habitante/año.³⁸

El origen del agua utilizada para las actividades diarias de los habitantes de la zona del valle de México corresponde a 2325 hm³ al año es decir al 50% de origen superficial y 2325 hm³ de origen subterráneo es decir el otro 50% y se distribuye de la siguiente manera según el uso que se le da:

En primer lugar es al uso agrícola con el 2249 hm³/año es decir el 48.4% (de los cuales 338 hm³ son provenientes de agua subterránea y 1910 h³ de agua superficial), después le sigue el uso para el abastecimiento público con un consumo de 2107

hm³ es decir el 45.3% (de los cuales 1759 hm³ son provenientes de aguas subterráneas y 348 hm³ de aguas superficiales) dejando a la industria autoabastecida con 211 hm³ es decir el 4.5% y a las termoeléctricas con 83 hm³ es decir el 1.8% restante.³⁹

Como podemos darnos cuenta al adentrarnos en centros urbanos con el mayor número de población y con diferentes tipos de servicios, el consumo entre la agricultura y el abastecimiento público (es decir edificios y espacio público) se van equilibrando, lo cual nos dice que el campo de acción es bastante amplio para los actores que se dedican al diseño y regulación de las zonas que son referidas dentro del abastecimiento público, por lo tanto, para los arquitectos.

³⁸ Montero, Delia; Et Al. (2009) "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 91. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

³⁹, ³⁹ SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

Dentro de la cuenca del valle de México, encontramos lo que es el Distrito Federal o ciudad de México, que contaba con una población para el 2008 de 8 838 981 habitantes⁴⁰ y en la cual la distribución del agua de acuerdo a su uso queda de la siguiente manera:

El primer lugar lo ocupa el abastecimiento público utilizando 1090 hm³/año es decir el 97.1%, seguido por la industria autoabastecida con un uso de 31 hm³/año, es decir, el 2.8% y por último con un consumo de 1 hm³/año, es decir, el 0.1%. y utilizando el 27.6% (310 hm³/año) de agua superficial y el 72.4% (813 hm³/año) de fuentes subterráneas y con un total de 1122 hm³/año.⁴¹

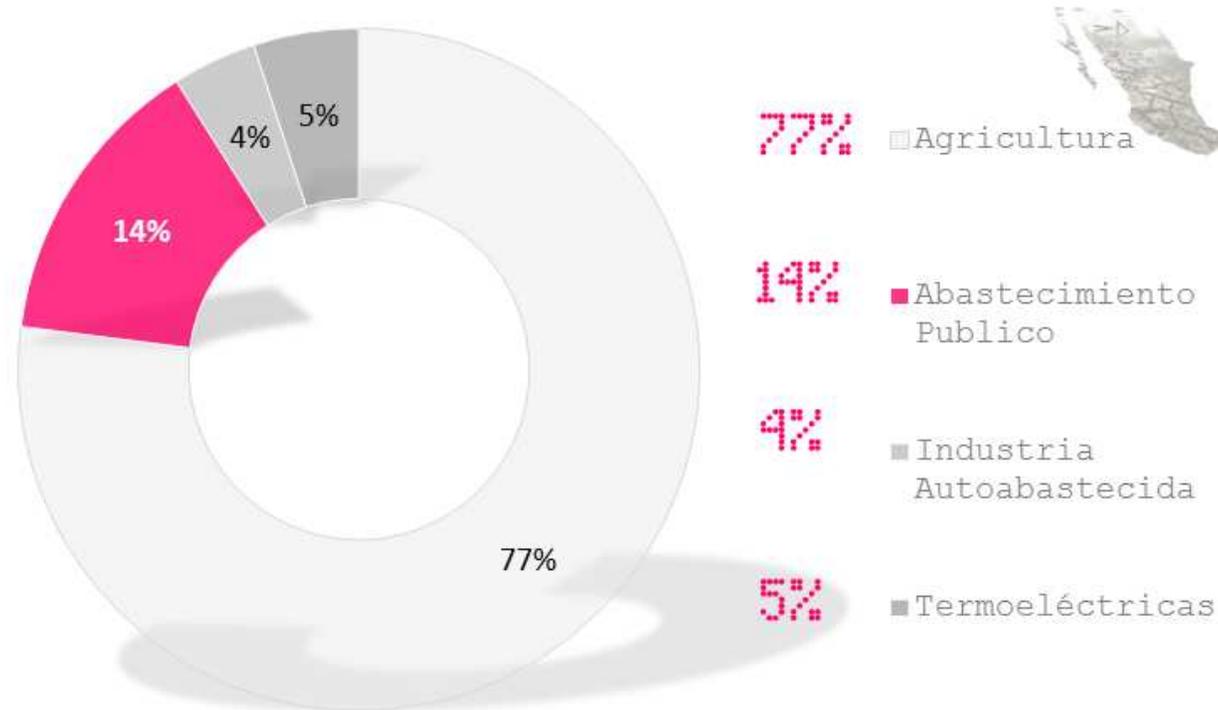
En lo anterior se puede notar con una mayor diferencia, el impacto que tiene el consumo de agua, en las ciudades con mayor concentración de personas destinando casi la totalidad al abastecimiento público, y que específicamente en la

ciudad de México la mayor fuente de donde se obtiene el líquido es de las subterráneas.

La distribución del agua en el abastecimiento público urbano, está dividido en dos, el primero es para uso de industrias y servicios que utiliza el 18% del agua; el segundo es para dotación del uso doméstico, por lo que se observa que el arquitecto tiene mucho por hacer en cuanto a ir construyendo un discurso sobre la gestión de los recursos hídricos en las centros urbanos.

⁴¹ SEMARNAT.(2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA EN LA REPUBLICA MEXICANA



>>> 43

Imagen 7.- Uso del Agua en México. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO

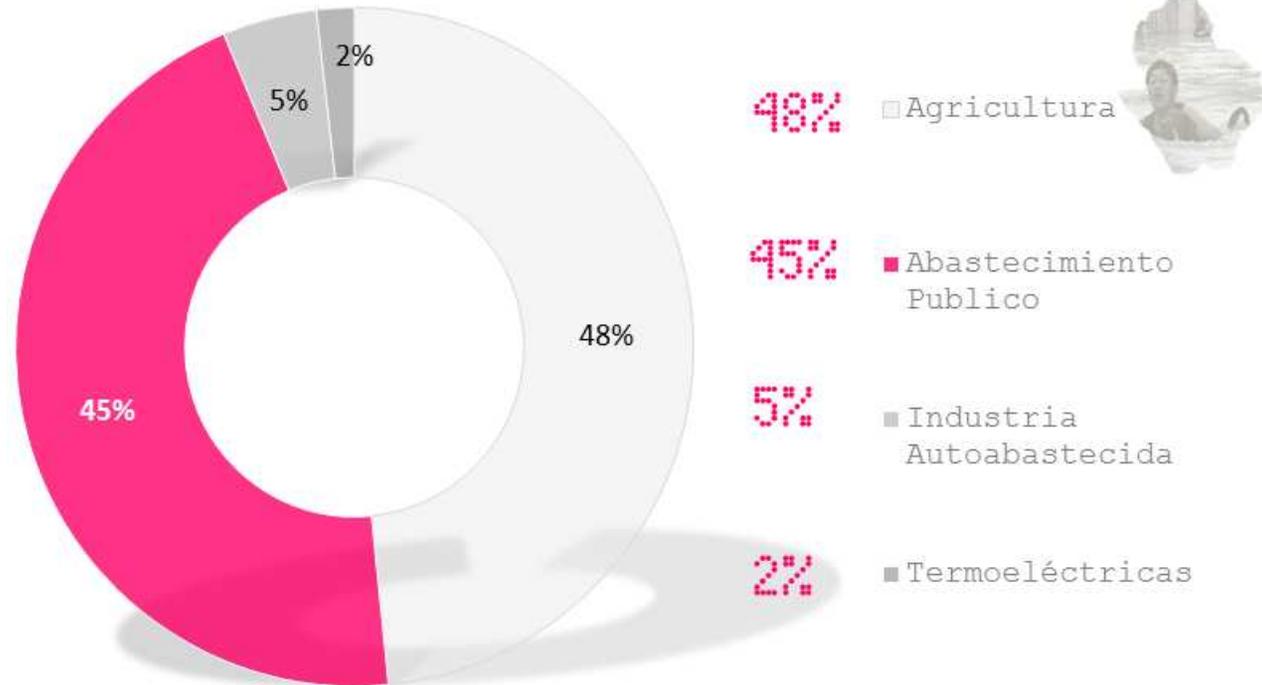
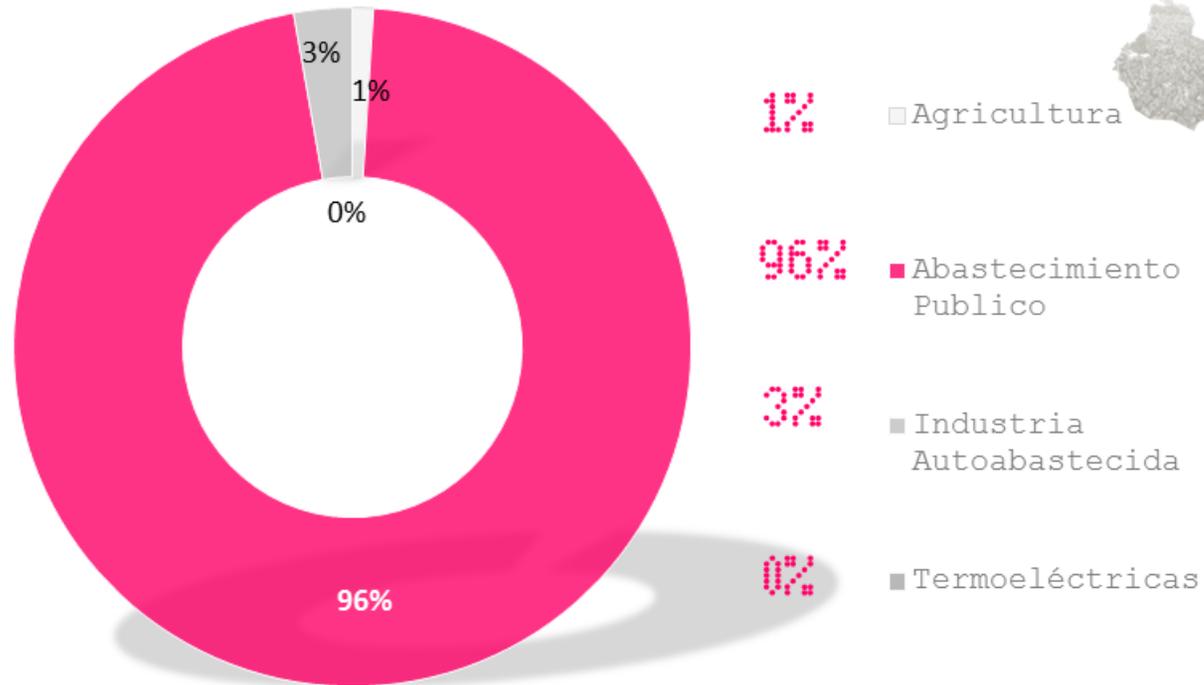


Imagen 8.- Uso del Agua en la cuenca del Valle de México. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.

DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA EN EL DISTRITO FEDERAL



>>> 45

Imagen 9.- Uso del Agua en el Distrito Federal. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.

i

c1

c2

c3

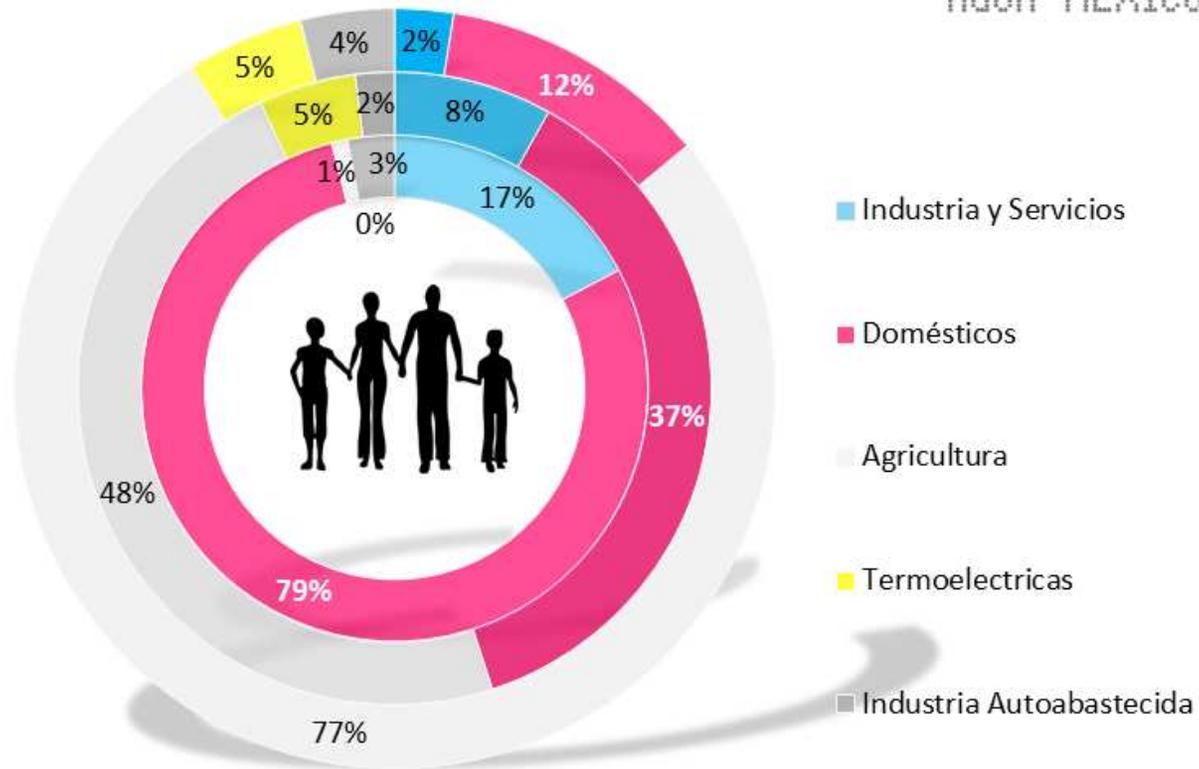
c4

c5

c6

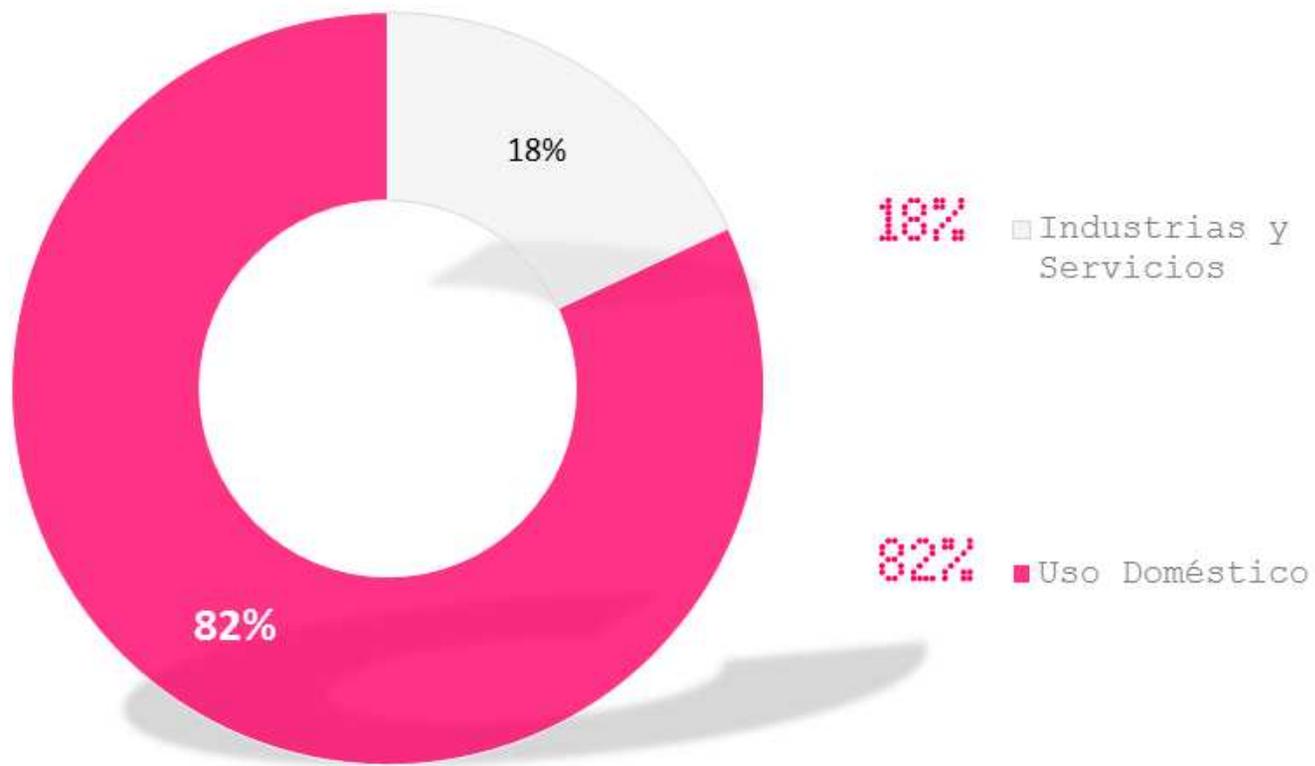
c

RESUMEN DE LA DISTRIBUCION DE LOS USOS DEL AGUA MEXICO



46 <<<

Imagen 10.- Resumen del uso del Agua en México, en la Cuenca del Valle de México y en el Distrito Federal, de afuera hacia dentro respectivamente. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.



>>> 47

Imagen 11.- Distribución del uso del agua para el abastecimiento público urbano. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.

Finalmente si realizamos el cálculo de la diferencia entre el consumo de agua en el Distrito Federal y la disponibilidad natural media (dnm) de la cuenca del valle de México encontramos que:

Para la cuenca del valle de México:

dnm= 143m³/habitante/año

Consumo per cápita = 4650 hm³/año x 1,000,000.00 = 4,650,000,000.00 m³ / 21 258 911 = 218.73 m³/hab

Lo cual nos proporciona un déficit de = 143m³/habitante/año - 218.73 m³/habitante/año = **75.73m³/habitante/año**

48 <<<

Para el Distrito Federal:

dnm= 143m³/habitante/año

Consumo per cápita = 1122hm³/año x 1,000,000.00 = 1,122,000,000.00 m³ / 8838981 = 126.94 m³

Lo cual nos proporciona un superávit de apenas = 143m³/habitante/año - 126.94 m³/habitante/año = **16.06 m³/habitante/año.**

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Estas cifras nos abren el panorama de lo fundamental que es la participación del arquitecto dentro de la GIA, en una megalópolis como es la ciudad de México.

“Mantener la actual oferta de agua en la ciudad implica costos ambientales elevados porque cada vez se extrae de mayor profundidad, lo cual causa daños ecológicos irreparables, aunado al hecho de mayores costos de extracción, así como a costos de importación más elevados. También se enfrentan mayores costos sociales, ya que los portadores de derechos de otras cuencas ya no quieren en vía el agua de su jurisdicción hacia la ciudad que ser compensados. Ante esto, los gobiernos involucrados en el suministro de agua a la ciudad no tienen otra opción más que revisar su política hídrica en una práctica dirigida a la administración de la demanda”⁴²

Se ha encontrado uno de los nichos importantes para que un arquitecto contribuya a una adecuada

⁴² Montero, Delia; Et Al. (2009) “Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua”. Pág. 91. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

GIA y a raíz de esto surge la siguiente interrogante: ¿Cómo es que el arquitecto actúa para lograr una mejor Gestión Hídrica?

1.2. La participación actual del arquitecto en la GIA

La arquitectura a través de las distintas eras por las que ha pasado la humanidad, ha ido cambiando y evolucionando para poder adaptarse de mejor forma a las necesidades de su época y así satisfacer las necesidades presentes en el tiempo que fue realizada.

Las necesidades que puede satisfacer la arquitectura sin importar la época que haya sido erigida, son básicamente dos, la fisiológica (como una necesidad fundamental) y la psicológica (como una necesidad superficial). La arquitectura a través de los años, además de cumplir las necesidades fisiológicas del ser humano, ha cumplido en mayor parte las necesidades psicológicas (espirituales), ya que a lo largo de la historia, se puede apreciar que la arquitectura está llena de elementos ornamentales

para sobresaltar el sentido de la vista, y mucha arquitectura de épocas pasadas, está realizada para cumplir una función religiosa (espiritual) o de entretenimiento, todas estas siendo necesidades superficiales. A medida en que nos acercamos al siglo XXI, debemos notar que la arquitectura ha ido perdiendo esos caprichos ornamentales (que si bien en su época fue una necesidad) y cada vez se hace más pura, es decir, utiliza la menor cantidad de elementos posibles para su formación, esto puede decirse que es por la tendencia que tiene mayor auge en este periodo, que es el minimalismo, pero también existe una razón de fondo para que no solo sea una cuestión de “moda superficial”, sino que reduce los costos de un edificio al utilizar menos cantidad de material, (un tema importante hoy en día, ya que se están agotando los recursos disponibles en el planeta), así que tal vez esa sea la razón más importante por la que se utiliza esta arquitectura.

Además debemos notar que los usos para los cuales los edificios han estado siendo construidos ha cambiado, si bien antes la arquitectura más

importante era la religiosa, hoy en día la ocupan los servicios y las actividades económicas, es decir, oficinas, centros comerciales, museos, etc. Todo girando a un entorno más sustentable, realmente entre comillas, pero con una ciudad más activa en cuanto a lo laboral. Reducir el consumo de elementos que intervienen para generar un edificio es principalmente en lo que se basa el minimalismo, y no es que se apoye esta corriente por que se sea la tendencia más utilizada hoy en día, sino, porque al reducir los elementos que forman un edificio, estamos ayudando a contribuir al menor deterioro del planeta.

Desafortunadamente aunque la necesidad fisiológica sea la más fundamental para el ser humano siempre será ligada a la necesidad psicológica, que, como es la que se percibe más rápidamente, algunos arquitectos le dan mucho mayor importancia, haciendo un minimalismo a medias, aunque si bien es cierto la arquitectura son muchas cosas no solo satisfacer las necesidades, pero también es cierto que la mejor arquitectura de una época ha sido la

que se ha adaptado de mejor forma a las necesidades de su tiempo y en algunos lo estético fue la necesidad más grande por razones políticas, culturales, etc. Pero hoy en día, aquí se sostiene que la arquitectura que mejor se puede adaptar a este tiempo, es la que menor daño provoque al planeta.

El agua en la arquitectura también ha sido utilizada de distintas formas en las diversas épocas, y cada vez ha ocupado un papel más importante, y debido a la escases que ha presentado últimamente, y a la preocupación de otras disciplinas por tratar de establecer un mejor manejo de este elemento, es necesario que la arquitectura comience a incluir el agua dentro de la tendencia minimalista, es decir, utilizar la menor cantidad de agua posible en un edificio. Lamentablemente también el agua es utilizada para satisfacer no solo las necesidades fisiológicas, sino que también las necesidades psicológicas [externalidades], pero tal vez en el peor de los casos, el agua simplemente está ahí, olvidada, escondida, esperando hacer acto de aparición y cuando finalmente lo hace, es en lo más sucio como,

lo es para el aseo, o en lo más vil, cuando aparece como fuga, como alguien que nadie quiere, así es como el agua se convierte en un villano, ¿pero cómo un elemento tan puro, noble, tan lleno de energía y más aún, creador y sostenedor de vida puede realizar tal papel hoy en día? La respuesta es muy sencilla, debido al personaje que la ha traicionado, el arquitecto. Esta traición, si pudiéramos llamarle así, se presenta de diversas formas en la arquitectura actual y se deben en gran parte, entre otras cosas, a la poca importancia que el arquitecto le toma al agua en un edificio (esto por la poca cultura del agua que se enseña en las escuelas ya que no existe una materia dedicada a tal caso), también debido al sistema capitalista en el que vivimos y existen personas con mayor capacidad económica que otras, al igual que países, y el agua se convierte en un elemento de prestigio y de diversión, en lo que la cantidad de agua, no es imprescindible, ya que se puede costear y es fácil acceder a ella. Para ejemplificar estos usos que menosprecian el valor del agua, es decir, las traiciones que el arquitecto ha llevado a cabo, se realizan tres categorías: el agua

como elemento pasivo, el agua como elemento estético y el agua como elemento recreativo. Si bien en algunos de estos casos el agua puede cumplir más que una simple función de superficialidad, aunque se entiende a la recreación y al confort visual precisamente como parte de las necesidades psicológicas, también cabe señalar que se hacen necesarias a medida que se proponen y que al no estar, no pasaría relativamente nada.

Pero a la vez que hablamos con minimizar, estamos hablando de maximizar, ¿pero cómo es esto? Al utilizar menos materiales para formar un espacio, estamos maximizando el uso de estos, es decir estamos logrando hacer más con menos.

Cabe señalar que no solo se escribe para hacer una crítica destructiva de lo que el arquitecto está haciendo con el agua, sino que también se redacta para dar soluciones y para abrir el camino hacia nuevos pensamientos agua-arquitectura-sustentabilidad, esto se hace para dar respuesta a los escenarios pasados en donde el agua no tenía un

papel secundario y en el principal se convertía en villano, ya que puede llegar a tener el papel principal, el de generador de espacios, de comodidad, de héroe.

2.2.1. El agua como elemento pasivo



Imagen 12.- Sanitarios estadio TSM, Fuente: Archdaily.com . Reproducción con fines didácticos

Comenzamos narrando el caso de cómo el agua se puede convertir en villano de la arquitectura, en el elemento menos apreciado. El agua es un elemento fundamental en la arquitectura, que sirve

principalmente para el aseo humano durante las necesidades fisiológicas, como todo edificio está hecho para la vida, es decir, para el ser humano, el agua es indispensable. En este caso, el agua toma el papel del que protege, ya que conserva limpios nuestros espacios, proporcionando salud y bienestar.

A pesar de que el agua ayude a mantener una arquitectura sana, la mayoría de las veces en estos casos, el agua esta oculta, pasiva, esperando el momento de ser utilizada, de servir; el arquitecto trata de esconderla, como si fuese un elemento desagradable, inclusive se podría decir que lo que esconde son las instalaciones hidráulicas y sanitarias, que son los elementos que la contienen y la transportan. Pero son esas instalaciones uno de los tanto caminos que el arquitecto puede utilizar para darle vida al elemento, para lograr darle el papel que se merece en la arquitectura. Pero por el contrario se trata lo más posible de que pase desapercibida, se oculta, se disfraza y se realizan gastos extras por el simple motivo de no quererla ver.

Desde que se comienza a formar al arquitecto, es decir, cuando este comienza a realizar sus primeros estudios, se le enseña algo indispensable como parte secundaria, las instalaciones y más en específico, las instalaciones hidráulicas y sanitarias. Se le enseña al arquitecto a tener los criterios adecuados para lograr las rutas más eficientes, para colocar esos depósitos, conductos y demás, en el lugar adecuado, todo va de maravilla, se ahorra material y mano de obra, se hace al edificio más eficiente, pero de lejos se vienen acercando las palabras, “escondelas”, “que no se vean”, “ahogalas en las columnas”, hemos de agradecer que al menos en algunos casos se tiene el interes de prestarles atención, ya que no ha faltado el caso en el que se piense: “¿ahora por donde?”. Hemos de aceptar que tal vez las instalaciones, no sean los elementos más esteticos de un edificio, pero hemos pensado ¿por qué? ¡Claro! Por que no les prestamos atención, porque se trata de resolver independientemente de todo lo demás y porque el arquitecto prefiere deslindarse de responsabilidades y prefiere que el elemento lo defina otro profesionalista,

que simplemente esta menos acostumbrado a tratar a la arquitectura como un todo.

Dentro de esa palabra de fondo que se viene acercando y que suena un poco así: “ocultalas”, es cuando el agua comienza a tomar el papel de villano, no se le quiere ver, disgusta su presencia, incomoda. Pero una cosa lleva a la otra y esto ocurre cuando el agua quiere seguir su naturaleza y se libera, se desprende de su prisión, y comienza ser parte de la arquitectura, de todos los elementos por los que atraviesa, lamentablemente esa naturaleza es villana, a nadie le gustan las fugas de agua.

Al agua no se le puede mantener pasiva, su naturaleza es fluir, libre y visiblemente, o almenos no tan oculta, otro caso es el que resulta de disfrazarla, ya que, la poca importancia que se le da a las instalaciones, produce un resultado poco estetico, asi que se trata de compensar colocando ornamentos para que el resultado sea mejor a la necesidad psicologica (al parecer se ha estado relatando el daño que se le puede causar a las necesidades

psicologicas), al no darle el papel correspondiente al agua, pero este no es el más importante, se había mencionado que por ser el primero que se aprecia, en algunos casos se le da más importancia, el destino de todas estas arterias que conducen el agua dentro de los edificios, puede que sea aún mucho más importante, ya que decide el destino del liquido, y es donde el arquitecto comienza a intervenir en la GIA.

A este destino se lo podría llamar destino a medias, debido a que es solo la mitad del recorrido, es el punto de transición entre el agua sin utilizar y el agua ya empleada. Y esta transición se da en los muebles sanitarios, que son los que deciden que tanto liquido se gastará para mantener un aseo adecuado, si bien este tipo de muebles no son creados por el arquitecto, existen diversidad de ofertas en el mercado y es obligación del arquitecto estar al pendiente de ellas.

El mercado puede ser engañoso, puede llevar a pensar que se esta eligiendo la mejor opción, ya que

esta lleno de innovaciones estéticas, con nuevos materiales que provocan sensaciones visuales distintas y placenteras, pero que en si, en el fondo el actor principal, el agua, se sigue ocultando, y no solo eso, si no que se contamina en mayor medida, se derrocha, se desperdicia. Se compran los muebles para que los lugares de aseo, ya sean baños, cocinas, cuartos de lavado, etc. Sean elegantes y gusten visualmente.

2.2.2. El agua como elemento estetico



>>> 55

Imagen 13.- Espejo de agua. Fuente: Archdaily.com.
Reproducción con fines didácticos.

En el agua como elemento pasivo se describió como el arquitecto oculta el agua y le da el papel de villano, se comentó porque es necesario tratar de comenzar a diseñar de forma diferente y se debía poner más atención a la cuestión por así decirlo técnica, refiriéndonos a lo técnico como lo que es el buen estudio de los muebles sanitarios como puntos

de transición entre el agua sin utilizar y la ya servida, y no poner todo el énfasis a la cuestión estética, ya que esta se dará, al tener una buena y atenta planeación con respecto al recurso agua.

Se decía que el arquitecto era el personaje que convertía en villano al agua por ocultarla y alejar al edificio de su pureza, pero también existe el caso donde el arquitecto la convierte en un actor fundamental en el edificio, se podría decir que le da su lugar de elemento importante, de creador y organizador de espacios, desafortunadamente las necesidades psicológicas, es decir, los aspectos estéticos, son los motivos por los que el agua tiene un importante papel.

Y no se critica de mala forma al elemento llámese espejo de agua, caída de agua o fuente, por no tener un papel dentro de la arquitectura, o que su papel este demás, sino porque en algunas ocasiones no se le emplea por las razones correctas, dejando solo las superficiales a relucir. Debemos estar conscientes de que el agua es un elemento que da vida, confort,

salud, entre muchas otras cosas, es decir, cumple con muy variadas funciones, en diversos aspectos, por llamarlo de una formas más corta, podríamos decir que es “multifuncional”. Así que si estamos conscientes de la gran cantidad de virtudes que nos puede ofrecer, ¿por qué solo la utilizamos para cumplir con una sola función, y encima de todo superficial? Quién no ha llegado a ver un cuerpo de agua estancado, olvidado, contaminado, que en lugar de atraernos, nos repudia. Una vez más el arquitecto ha convertido al agua en villano, en el elemento que nadie quiere, que aleja al ser humano.

Veamos que esta forma de utilizar el líquido no es nueva, desde la antigüedad, el agua ya se utilizaba por esa fluidez que tiene para romper con la rigidez de un espacio, para darle vida al entorno de un edificio, para reflejar su fachada y aumentar su magnificencia, pero si sigue siendo una cuestión superficial, ¿Por qué alagamos a estas culturas? Bueno, porque detrás de esa imagen tan superficial que se le otorgaba al agua, existía una razón aún mayor del colocarla ahí, ¡claro! el de proporcionar confort al ser

humano, el de regulador de temperatura, el papel de creador de bienestar fisiológico.

Es verdad y se nos viene a la mente ya que ¿A quién no se le ha erizado la piel cuando ha ido a una gran plaza, con un sofocante calor encima, y sintió las primeras brisas acompañadas y refrescadas por unas diminutas gotas de agua? Pero vamos, ¿estamos hablando de una función más ahí! Es decir, el agua no se queda olvidada, nos saluda al llegar al espacio abierto, hace que giremos la mirada a donde se encuentra, nos hace reír, nos hace sentir cómodos y lo más importante nos otorga bienestar.

Debemos de darnos cuenta que aquí no se pide que la arquitectura se deshaga de los cuerpos de agua, si no que se utilicen de una forma correcta, ya que como sabemos el agua tiende a evaporarse, por lo que si solo le damos el papel estético quedará ahí, desperdiciándose, y más aún si la tenemos estancada y olvidada, quedara como un mal recurso empleado, al agua hay que darle esa atención y esa

función que se merece el de darnos confort, descanso y alivio.

Utilicemos esa multifuncionalidad del agua, el gran poder que tiene de satisfacer nuestras dos necesidades básicas, las fisiológicas y las psicológicas, empleamos cuerpos de agua que incrementen la buena apariencia del edificio, pero que también puedan crear una sensación de confort al ser humano. Tal vez la incorporación de este tipo de elementos no sea fundamental para el funcionamiento de un edificio, pero el agua está ahí para ser utilizada, y debemos saber que el agua solo se desperdicia cuando no le damos una buena función, es decir cuando queda olvidada.

2.2.3. El agua como elemento recreativo

58 <<<



Imagen 14.- Vivienda con alberca como organizador del espacio. Fuente: Archdaily.com. Reproducción con fines didácticos.

¿Quién no ha deseado tener una piscina en su hogar? El agua despierta emociones, pero también otorga un estatus. Hemos comentado anteriormente

sobre las formas incorrectas y las soluciones que se deben de otorgar con respecto al agua, se ha hablado que en un principio se le ocultaba y se le olvidaba, en un segundo caso salía a relucir, pero solo se contemplaba como un elemento ornamental, pero que con el adecuado diseño, podría llegar a ser más que eso y nos ofrecería la multiplicidad de funciones que el agua por su naturaleza puede proporcionar. Hemos llegado al caso donde el agua obtiene un papel estético, simulando un poco el caso de las fuentes o espejos de agua, pero además le da al ser humano una estimulación corporal, pero también un estatus económico dentro de la sociedad.

En este caso el agua se ha convertido en un símbolo de poder económico al que no todos tienen acceso, pero más que eso, a pesar de que este tipo de elementos se utilice como un recurso recreativo o en el mejor de los casos deportivo. Cuando se utiliza de la forma inadecuada se convierte en un elemento sin sentido, ¿Pero cómo es este manejo inadecuado? Las piscinas cuando son instaladas en los edificios habitacionales, se utilizan con muy poca frecuencia, y

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

como se les plantea como un elemento aislado en el cual solo sirve para utilizarse para una razón específica, por esa razón es abandonada por periodos recurrentes, es así que, se tiene que otorgar un mantenimiento a la piscina cuando nadie la utiliza, se mantiene sin ningún motivo más, además que la evaporación que se produce al estar tan expuesta el sol, es a considerar, ya que se está generando un gasto de agua sin sentido.

Un elemento de agua como las piscinas cuando está mal empleado dentro de la arquitectura, es cuando simplemente desempeña funciones estéticas o recreativas, es decir, cuando se utiliza para aumentar el valor económico como estético del edificio ya que es utilizada con poca frecuencia, y se genera un gasto de agua constante, pero el uso del elemento no lo es tanto, por lo tanto se desperdicia el agua.

Se debe recordar una vez más que el agua tiene una multitud de características, es así que, cuando la utilizemos en la arquitectura, se debe de estar

consciente de que no solo servirá para una sola función, sino que podremos utilizarla exprimiéndola al máximo, aprovechando todas las propiedades que nos puede ofrecer.

En las piscinas como en el caso de los espejos de agua, se pueden utilizar como elemento reguladores de temperatura, incorporándolo cerca de espacios donde requieran crear un confort térmico, dándole un emplazamiento adecuado, y distribuyéndolo de la mejor forma posible, con esto podremos conseguir el trabajo constante del agua sobre el espacio arquitectónico, y se logrará aprovechar toda la energía desprendida por la evaporación del líquido, a su vez que estará ahí para ser utilizada de forma recreativa o deportiva, además de que el agua se convierte en un generador de espacios ya que todo el conjunto arquitectónico puede desprenderse a partir del punto de ubicación de la piscina, para que todos los espacios aprovechen las características visuales y climáticas del agua.

Reflexiones

Las formas anteriores de manejar el agua que actualmente el arquitecto ha desarrollado, solo están aprovechando una parte del potencial que el agua nos puede ofrecer. Como se ha leído, el agua en algunos casos tiene un papel muy vil en la arquitectura, es el villano en muchos casos, el que genera incomodidad, el que quiere ser escondido, disfrazado, al que se le olvida en ocasiones, al que se le mantiene encerrado, pasivo, el que se desperdicia y se subestima.

Anteriormente se ha visto porque la arquitectura forma parte importante de la gestión integral del agua que actualmente se está planteando y se está llevando a cabo, pero también al ver los ejemplos anteriores se puede dar cuenta de porque las demás disciplinas han menospreciado el papel de la arquitectura dentro de esta GIA, ya que de esta forma solo se puede apreciar el derroche y el poco cuidado que se le da dentro del elemento arquitectónico. El arquitecto debe tomar su papel de

planeador, de estrategia y debe ser muy minucioso cuando trata al agua dentro de un edificio.

La multiplicidad de funciones que el agua otorga a un espacio arquitectónico, es el punto clave de partida para generar una nueva arquitectura del agua, primeramente buscando el máximo ahorro y luego la multifuncionalidad

En un principio se mencionaba la tendencia minimalista que se utiliza con mucha frecuencia actualmente, y es así que debemos de tratar el agua en la arquitectura de esta forma, pero al decir que se utilice de forma minimalista tampoco se habla de decir que un espacio arquitectónico ya no debe de ocupar agua sino que a la vez que hablamos de minimizar, estamos hablando de maximizar, ¿pero cómo es esto? En el minimalismo al utilizar menos materiales para formar un espacio, estamos maximizando el uso de estos, es decir estamos logrando hacer más con menos, esto es lo que debemos de realizar con el agua, hacer un elemento

que nos proporcione más virtudes con menos consumo.

Como se había mencionado, no solo se escribe para hacer una crítica destructiva de lo que el arquitecto está haciendo con el agua, sino que también se redacta para dar soluciones y para abrir el camino hacia nuevos pensamientos agua-arquitectura-sustentabilidad, esto se hace a través de dar respuesta a los escenarios pasados en donde el agua tenía un papel olvidado y en los caso en los que obtenía uno principal era solo superficialmente, por eso es que se ha mencionado la importancia de que debe pasar al papel principal desarrollando múltiples funciones, explotando sus características al máximo, donde al fin el elemento agua pueda encontrar su lugar en la arquitectura, el de creador y sostenedor de bienestar y vida.

Sumado al inadecuado manejo del agua en lugares donde esta escasea, como por ejemplo el estado de México y el Distrito Federal, hay regiones con un crecimiento muy dinámico, lo que es inexplicable

desde el punto de vista de los permisos de construcción, que no deberían otorgarse si no se tiene garantizado el suministro de agua potable. La manera en que han operado las empresas inmobiliarias es en resolver el suministro de agua, mediante la compra de los derechos explotación de pozos a los agricultores propietarios de derechos de agua para uso agrícola. Esas empresas posteriormente cambian los derechos a uso doméstico. Posteriormente los conjuntos habitacionales sobre explotan el recurso, por lo que en el mediano o largo plazo enfrentan problemas en el suministro de agua y lo que afecta a las familias que han comprado los departamentos o casas, por lo que ponen en alto riesgo su inversión.

No es necesario desarrollar más explicación para comprender que las clasificaciones anteriores de diseño arquitectónico deben de realizarse de una forma más eficiente o quedarse rezagadas , ya que de esta forma, no se podrá contribuir adecuadamente a una mejor GIA, por lo cual podemos formularnos la siguiente pregunta ¿El agua

es un simple elemento que se utiliza para desarrollar las necesidades básicas del hombre y como factor estético - recreativo en un edificio, o podrá tener mayor repercusión en la elaboración de un elemento arquitectónico?

62 <<<

i

c1

c2

c3

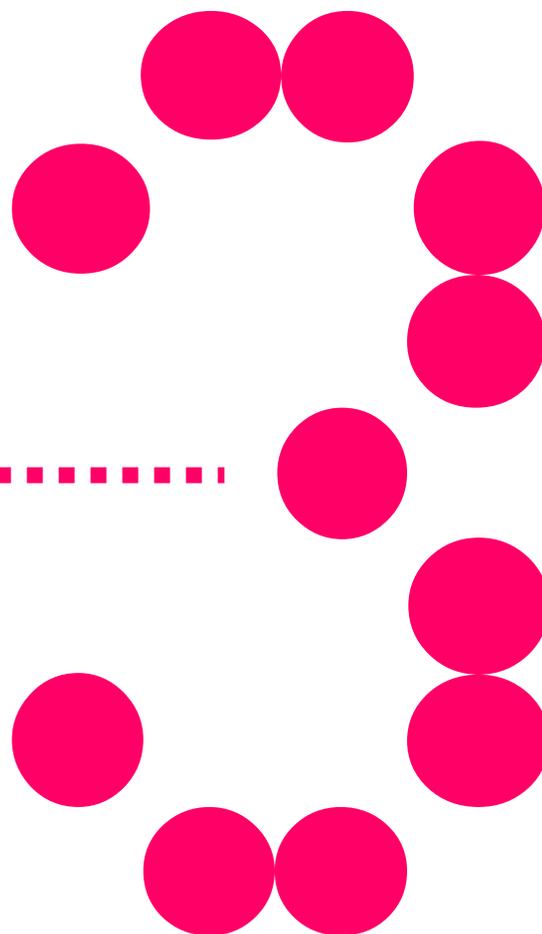
c4

c5

c6

c

.la gestión integral del agua (gia)



>>> 63

- i
- c1
- c2
- c3**
- c4
- c5
- c6
- c

C3. EL PAPEL QUE DEBE REALIZAR EL ARQUITECTO EN LA GIA

"Se dice que todo manejo técnico del hombre es un arte, y que el hombre ha arrebatado a la naturaleza el privilegio de la creación, el hombre creador se ha desprendido de la naturaleza ; y a cada nueva creación se aleja más y cada vez es más hostil a la naturaleza" (Spengler 1931).

Es tiempo de crear diferente, integrándose a la madre tierra.

64 <<<

Es indispensable que a raíz de la crisis hídrica que el planeta sufre actualmente, el elemento agua surja como un factor importante en el diseño y no solo estético, sino, funcional del espacio arquitectónico, pero se deben aprovechar todas las ventajas que puede proporcionar, creando diferentes percepciones dentro de él, actuando como regulador de temperatura, generando energía eléctrica, al mismo tiempo que se abastece del recurso para un adecuado funcionamiento y desarrollo de las

actividades en el edificio, es decir, que surja como una arquitectura que genere sus propios recursos a partir de: la inclusión del agua en el diseño, la captación de aguas pluviales y la implementación de tecnologías locales de tratamiento de aguas residuales para su máximo aprovechamiento, además que implemente técnicas naturales de filtración al subsuelo y haga más eficiente el uso del recurso dentro del edificio. También se tiene que lograr que, durante el tiempo en que el líquido sea

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

almacenado en el objeto arquitectónico, mejore la calidad de vida y aumente el confort dentro de los inmuebles, logrando esto a través de tecnologías bioclimáticas que puedan brindar distintas características ambientales.

“La vida impone sus condiciones económicas, sociales y sus condiciones materiales. A la técnica con sus medios le toca resolverlas de la mejor manera. Por la mejor vía, el máximo de eficiencia por el mínimo de esfuerzo. No hay que olvidar que el hombre es el animal racional, el único y proceder por cualquier medio que no sea este de máxima eficiencia por el mínimo de esfuerzo, es no proceder racionalmente” (O’gorman 1933).

Debemos de pensar a la arquitectura de hoy no solo como un elemento que nos proteja de las inclemencias del clima, sino también como un elemento que nos pueda proporcionar los recursos necesarios para nuestra sobrevivencia, es decir, ser sustentable con el medio y con nosotros mismos, donde esto no solo radique en que nos pueda

satisfacer en demasía todos los recursos que necesitamos y más, sino a enseñar, moderar y hacer más eficiente las formas en las que se realizan las actividades en donde un objeto arquitectónico está incluido.

El arquitecto puede lograr que a través, de la implementación de distintas técnicas, el agua dentro de un edificio pueda tener un mayor valor, su uso sea más eficiente, pueda aprovechar el abastecimiento natural que tiene el sitio y formar un ciclo hídrico dentro de la arquitectura en donde: el agua sea obtenida de medios naturales inmediatos por medio de la forma del edificio, su uso dentro del espacio sea el más eficiente, y el agua residual se vuelva a implementar para otras cuestiones, filtrando naturalmente al subsuelo el agua en un buen estado, para que la naturaleza con su ciclo pueda evaporarla y regresarla para su nuevo uso. A continuación se describen algunos de los métodos por los que puede optar el arquitecto para desprender una mejor arquitectura con base en el elemento agua.

3.1. Uso de productos tecnológicos para el ahorro de agua



Lograr la eficiencia del agua dentro del espacio arquitectónico debe ser una máxima prioridad para el arquitecto, ya que como se viene manejando, se debe de hacer más con menos. Al reducir el consumo de agua utilizado en la arquitectura, podemos lograr múltiples beneficios como: hacer un menor uso de las fuentes hídricas, reducir los sistemas de almacenamiento de agua, un ahorro económico, la reducción del agua residual (por lo tanto menor contaminación) entre otras cuestiones. Hoy en día existen en el mercado diversos productos tecnológicos que el arquitecto puede implementar para lograr esta reducción de consumo.

66 <<<



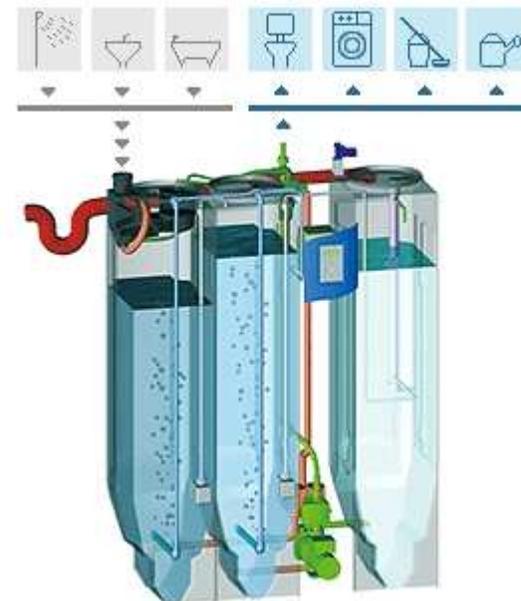
W+W

Imagen 15.- Lavabo y escusado W+W de Roca que reaprovecha el agua residual. Fuente: roca.es. Reproducción con fines didácticos.

Existen distintos elementos en la arquitectura que consumen una gran cantidad de agua, debido a que en algunas ocasiones se implementan productos que generar un gasto desmesurado, debido en mayor parte a que son desarrollos pasados, que por lo general no están regidos bajo ninguna norma. Afortunadamente las compañías que desarrollan este tipo de dispositivos han aumentado, trayendo consigo la reducción del costo de los productos, así

como un mejor funcionamiento de estos. Es importante que el arquitecto este actualizado respecto a esta información ya que, simples casos como el de cambiar un perlizador en un lavabo, puede cambiar el consumo de uno común (10 litros por minuto) a uno mínimo (3 litros por minuto), lo cual representa un porcentaje de ahorro del 70%; y como este caso, existe una solución para todos los elementos consumidores de agua en un objeto arquitectónico. Es importante señalar que la participación del usuario es indispensable para poder lograr el ahorro de esta forma, por lo que la función del arquitecto además de implementar estos productos tecnológicos, es la de instruir, para poder lograr un mejor uso de estos.

3.2. Los diversos tipos de agua



>>> 67

Imagen 16.- Esquema de tratamiento de agua.
Fuente: <http://www.elambienteenmedio.es>
reproducción con fines didácticos.

¿Qué tipo de agua se utiliza en la regadera en nuestras casas, es la misma que se utiliza para regar las zonas ajardinadas? Desafortunadamente en la mayoría de los casos lo es.

El arquitecto debe de estar consiente que para cada cliente existe una necesidad específica, por lo tanto una solución a su medida; la misma situación se presenta para el agua en la arquitectura; cada elemento que consume el líquido, requiere de diferentes calidades de agua; es absurdo pensar que debamos ingerir la misma agua con la que aseamos una vivienda. Por esta razón es importante definir qué tipos de agua se requerirán en el objeto arquitectónico, con esto se garantizará la eficiencia del líquido, ya que se volverá a utilizar una y otra vez, y cuantas veces sea necesaria la misma agua (con o sin los tratamientos correspondientes). Con esto se podrá disminuir en gran medida el impacto hídrico que se genera en la naturaleza.

El Tratamiento del agua residual es ahora una de las alternativas más viables que permite el reúso del

agua ya desechada tras cumplir su función en el desarrollo de diversas actividades humanas, implementándose regularmente para el riego de áreas verdes.

“El consumo que se requiere de agua de primeros usos, en casas habitación representa el 7% del consumo total de agua e incluye, bebidas, alimentos, lavado de trastos y aseo personal. Los datos sugieren que el uso del agua para jardines sanitarios puede ser satisfecho con agua de reúso y representa el 23% del consumo de agua en las viviendas, lo cual evidencia la importancia de la exploración del empleo de agua de rehusó para uso doméstico. Este dato también apoya la idea de que esta necesidad puede ser cubierta con agua de lluvia captada en escala doméstica. De la dotación de agua en los hogares, el 30% se destina a tareas sanitarias aseo personal, lo cual refleja el amplio margen de maniobra que existe en los hogares para realizar ahorros significativos en

agua de primer uso y, con el tiempo, la sustitución por agua de reúso⁴³.

Es cuestionable el que la autoridad que decline la política hídrica, no fomente su empleo otorgando más derechos para explotar el agua residual con el objeto de que se forme un mercado de agua tratada dentro de la industria manufacturera y de los servicios anexos. En este proceso, además de disminuir la presión sobre el agua de primer uso, la industria se vería favorecida por un ahorro en sus costos. El uso de esta fuente de suministro es clave para evitar que en el mediano o largo plazo la industria manufacturera de la ciudad tenga que desplazarse a las regiones donde no enfrente las restricciones de suministro de los costos crecientes por el agua de primer uso.⁴⁴.

Adentrándose en el campo de la arquitectura y particularmente en la de los edificios habitacionales, se encuentra que el consumo promedio de agua se lleva acabo de la siguiente forma:

El 40% lo ocupa el consumo para el aseo personal, el 30% en muebles sanitarios, 13% para el lavado de trastes, 13% para jardines, 3% alimentos y 1% para bebidas.

⁴³ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 46. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

⁴⁴ **Montero, Delia; Et Al. (2009)** "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Pág. 46. Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

3.3. El agua como elemento de diseño

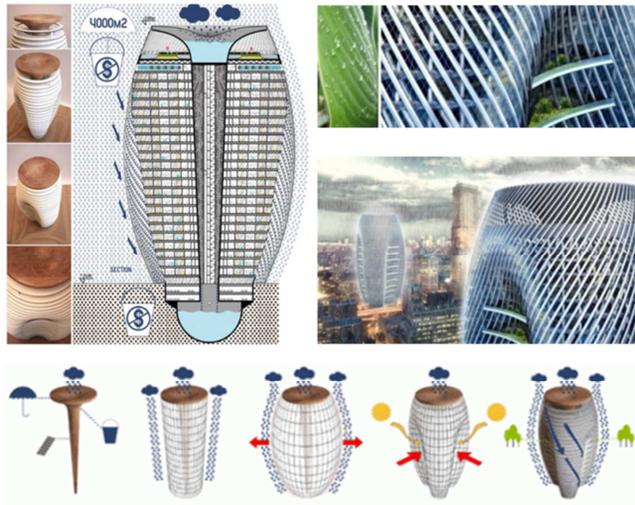


Imagen 17.- Proyecto capture de rain 3H. Fuente: Archdaily.com, reproducción con fines didácticos.

Quando se comienza el diseño de un nuevo objeto arquitectónico, se toman como base distintos elementos para comenzar a formar el discurso, las necesidades de los usuarios son los principales elementos que se utilizan para definir ciertos

aspectos del proyecto. Algunas veces el mobiliario o los vehículos son los que rigen la modulación estructural, otras las necesidades de iluminación deciden el aspecto de la fachada. ¿Alguna vez en nuestros proyectos el agua ha definido el diseño de algún elemento fundamental del sistema arquitectónico?

Para este caso el proyectista debe incluir en el tecnicismo de la arquitectura, el diseño de los elementos fundamentales del objeto arquitectónico, Por ejemplo, el pensar en su “piel” para poder recolectar agua pluvial u otro medio de abastecimiento del líquido que la naturaleza proporcione en el entorno inmediato; ya sea a través de elementos arquitectónicos como las techumbres, las fachadas, entre muchos otros; los cuales, en su mayoría, aprovechan las temporadas de lluvia para dotar del líquido a las edificaciones, donde en el mejor de los casos esa cosecha del líquido puede determinar la forma entera del objeto arquitectónico, la cual estaría diseñada para aprovechar al máximo las condiciones climáticas naturales.

El siguiente proyecto realizado por el despacho Polaco 3HR, para un concurso de arquitectura de la revista Evolo, es un claro ejemplo de que la forma del edificio está planeada en base a la captación de agua pluvial.

A partir de este razonamiento, se comienza a observar al objeto arquitectónico como un elemento que proporciona además de protección, los elementos indispensables para el existir del ser humano, acercándose cada vez más a una integración a la naturaleza.

3.3. El agua como elemento de climatización pasiva



Imagen 18.- Proyecto water cooled house. Fuente: Archdaily.com. Reproducción con fines didácticos.

>>> 71

El agua del mar, funciona como un gran regulador térmico, debido a su capacidad calorífica, cuando la temperatura de la tierra aumenta, en el agua lo hace más lento, por lo que mantiene la temperatura del ambiente relativamente más baja o más alta dependiendo las circunstancias del clima.

Se había mencionado anteriormente que los cuerpos hídricos en la arquitectura, como los espejos de agua

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

y las albercas, además de tener una función ornamental o recreativa deben de tener una función de propiciar el confort, a través de la climatización pasiva que otorga la evaporación del agua. En este caso el recurso agua se puede aprovechar para crear una temperatura adecuada en el espacio interior de un objeto arquitectónico. En donde a través del almacenamiento de este líquido, creando cuerpos de agua, se pueda dar un enfriamiento por evaporación o se pueda dar un aumento de temperatura por medio de la captación de la energía térmica solar, almacenada durante las mañanas e irradiada por las noche creando un clima cálido al interior del edificio.

En el siguiente ejemplo se puede apreciar claramente que a través de crear cuerpos de agua en la azotea del edificio, así como dentro de los pasillos y vestíbulos interiores, se crea un clima más fresco, utilizando además la ventilación cruzada, que permite transportar el aire con cierto grado de humedad, creando un mayor confort en el espacio arquitectónico.

Reflexiones

Se ha mostrado que existen diversos caminos a los cuales el arquitecto puede recurrir para poder lograr una adecuada gestión del agua dentro de la arquitectura. Conforme se produzcan más investigaciones y se desarrolle aún más la tecnología se irán promoviendo nuevas estrategias, que tendrán como limite la imaginación del arquitecto. El utilizar los diferentes métodos existentes, fomentarán la mejor eficiencia del agua dentro de un objeto arquitectónico, lo cual repercutirá, en una mejor calidad de vida para los usuarios y en un menor impacto negativo hacia el ecosistema.

En diversos estudios realizados con el tema agua-tecnología-arquitectura, se concluye que la implementación de técnicas de captación de agua pluvial y el tratamiento de las residuales, puede llegar a ser viable para la dotar del recurso a las diversas zonas de la ciudad de México. Si implementamos los métodos anteriormente mencionados y lográramos que en teoría se pudiera dar un ahorro del 60% del

uso del agua en un edificio, tendríamos los siguientes resultados, realizando un cálculo virtual de lo que sería el consumo de agua en la ciudad de México, Se puede vislumbrar un escenario que propiciaría

probablemente la motivación del arquitecto acerca del uso de sistemas que logren una mayor eficiencia de agua:

Se tiene que en el distrito federal existe un consumo anual por habitante de 126.94 m³ del cual el 97.1% es destinado al abastecimiento público por lo que se tendría el siguiente resultado:

$$126.94\text{m}^3 \text{ [consumo/hab/año]} \times 97\% \text{ [porcentaje del abastecimiento público]} = 125.97\text{m}^3/\text{hab/año}$$

Es decir se consumen: 125.97m³/hab/año en el rubro arquitectónico dejando un 0.97m³/hab/año para otros usos

Por lo tanto:

$$125.97\text{m}^3/\text{hab/año} \times 60\% \text{ [porcentaje de reducción]} = 75.58\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [total de reducción]}$$

Por lo que el consumo medio por habitante disminuiría a:

$$126.94\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [consumo medio anual por habitante al año]} - 75.58\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [total de reducción implementando estrategias arquitectónicas]} = \mathbf{51.36\text{m}^3/\text{hab/año}}$$

Lo que pasaría a tener un superávit de: 143m³/hab/año [disponibilidad natural media] - 51.36m³/hab/año [consumo virtual por habitante al año] = **91.64m³/hab/año**

>>> 73

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

En el caso del total de la cuenca del valle de México que como se mencionó anteriormente existe un déficit de 75.73m³ sería:

$$218.73\text{m}^3 \text{ [consumo/hab/año]} \times 0.453 \text{ [porcentaje del abastecimiento público]} = 99.08 \text{ m}^3/\text{hab/año}$$

Es decir se consumen: 99.08m³/hab/año en el rubro urbano - arquitectónico dejando 119.65m³/hab/año para otros usos

Por lo tanto:

$$99.08\text{m}^3/\text{hab/año} \times 60\% \text{ [porcentaje de reducción]} = 59.45\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [total de reducción]} \text{ por lo que el consumo medio por habitante disminuiría a:}$$

74 <<< $218.73\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [consumo medio anual por habitante al año]} - 59.45\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [total de reducción implementando estrategias arquitectónicas]} = \mathbf{159.80\text{m}^3/\text{hab/año}}$

Lo que pasaría a tener un déficit menor de: $143\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [disponibilidad natural media]} - 159.80\text{m}^3/\text{hab/año} \text{ [consumo virtual por habitante al año]} = \mathbf{-16.80\text{m}^3/\text{hab/año}}$

Por lo que disminuiría la importación del recurso agua desde otras zonas, logrando un ahorro económico considerablemente fuerte que pudiera aprovecharse como estímulos económicos para la inversión en la arquitectura del agua.

$$\text{Consumo per cápita} = 4650 \text{ hm}^3/\text{año} \times 1,000,000.00 = 4,650,000,000.00 \text{ m}^3 / 21\,258\,911 = 218.73 \text{ m}^3/\text{hab}$$

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Lo cual nos proporciona un déficit de $= 143\text{m}^3/\text{habitante}/\text{año} - 218.73 \text{ m}^3/\text{habitante}/\text{año} = 75.73\text{m}^3/\text{habitante}/\text{año}$

Para el Distrito Federal:

$\text{dnm} = 143\text{m}^3/\text{habitante}/\text{año}$

$\text{Consumo per cápita} = 1122\text{hm}^3/\text{año} \times 1,000,000.00 = 1,122,000,000.00 \text{ m}^3 / 8838981 = 126.94 \text{ m}^3$

Lo cual nos proporciona un superávit de apenas $= 143\text{m}^3/\text{habitante}/\text{año} - 126.94 \text{ m}^3/\text{habitante}/\text{año} = 16.06 \text{ m}^3/\text{habitante}/\text{año}$.

Con el análisis anterior basado en que pudiera existir un ahorro de agua de un 60% basado en la adecuada gestión del líquido en la arquitectura, es decir, con la implementación de un diseño eficiente y la aplicación de técnicas del manejo de agua en la arquitectura, se puede dar calidad de vida a la población sin la necesidad de recurrir a entornos naturales externos, tan solo entendiendo el propio lugar donde se habita.

El uso del agua pluvial, aunado a los distintos métodos que se pueden utilizar para lograr una mayor eficiencia de agua, representa para México una gran alternativa para aplicar un modelo de

gestión de agua en la arquitectura, en la que se pueda lograr una sustentabilidad hídrica, integrándose al ciclo natural del agua.

Si bien se han mencionado algunos de los casos anteriores como alternativas viables para comenzar a construir dentro de la arquitectura, una adecuada GIA, esto es solo el principio para ir conformando un discurso en el que la Arquitectura del Agua, sea dada por medio del diseño del objeto arquitectónico con modelos de gestión de agua, que permitan de forma más eficiente, utilizar el líquido en el edificio.

>>> 75

i

c1

c2

c3

c4

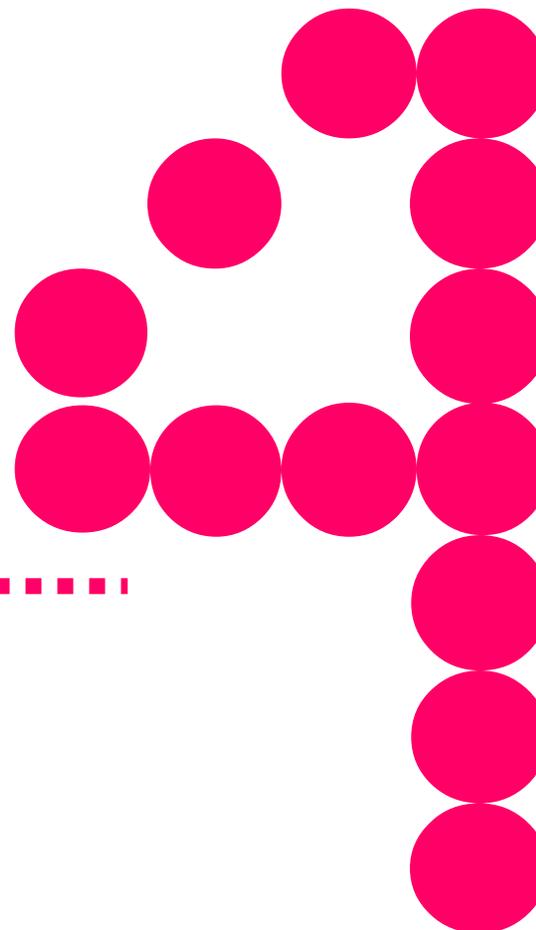
c5

c6

c

.análisis de potencial pluvial en méxico

76 <<<



c4. ANALISIS DE PONTECIAL PLUVIAL EN MEXICO

“La confianza en si mismo es el primer secreto del éxito” (Emerson Ralph Waldo).

Debemos conocer bien nuestra capacidad, para poder confiar incondicionalmente en ella. Conozcamos la capacidad pluvial de México.

En las siguientes páginas se desarrolla una serie de pasos, para poder conformar una metodología que se utilice para el diseño de un modelo de gestión arquitectónico, con base a la cosecha de agua pluvial. Para poder desarrollar ésta metodología, se tomarón una serie de consideraciones generales y específicas, que se requerian para poder ejemplificar de forma sencilla y general, pero precisa, esta serie de procesos para poder finalmente evaluar la factibilidad de un sistema de este tipo.

Se comienza por seleccionar un modelo arquitectónico bien definido, es decir, que genero de edificio es, cuantos usuarios tiene, con que dimensiones cuenta y otra serie de parametros generales que sirven como referencia para poder continuar con la metodología. Para este caso se toma una vivienda modular para 4 habitantes, ya que la tendencia de la construcción se ha dirigido hacia edificios industrializados, por lo que la vivienda modular es un buen ejemplo de ello; el número de habitantes, se elige con base a la media anual de integrantes de una familia mexicana, según el censo

>>> 77

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

de población y vivienda 2010, proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la cual se menciona que son 4.5, pero la tendencia viene disminuyendo, por lo que se prevee que las familias estén integradas por 4 habitantes, es decir, los dos padres y dos hijos. Las dimensiones y los espacios de la vivienda se toman en base a una media proporcionada por un estudio de viviendas de interés social, lo cual nos rige una superficie promedio para poder realizar el siguiente paso de la metodología.

78 <<<

Posteriormente se procede a calcular el consumo de agua que tendría la vivienda modular tipo que se toma para realizar el análisis, se toman como base 4 consumos de agua, obtenidos de distintas fuentes, estos consumos son: consumo mínimo, obtenido de la Organización Mundial de la Salud; consumo medio, obtenido del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal; el consumo elevado, tomado del consumo por habitante para uso doméstico en el Distrito Federal y el consumo eficiente, que se toma en base al consumo mínimo y aplicando un factor de

reducción virtual, que se pudiera obtener al aplicar distintas estrategias para la eficiencia del agua dentro de la vivienda.

Para finalizar la metodología, se procede a realizar un análisis donde intervienen los factores anteriores y se calcula el suministro de agua que necesita la vivienda para todo el año, se toman tres diferentes precipitaciones pluviales de la república Mexicana, el mínimo, el promedio y el máximo y se calcula la superficie necesaria para obtener el agua requerida, así como las dimensiones del sistema almacenador.

Este análisis muestra una serie de resultados con los cuales se puede concluir la factibilidad del sistema en distintos puntos de México, así como también muestra los puntos débiles que se deben reforzar en el sistema, y las estrategias que se deben abordar, para conducir a la arquitectura hacia una gestión integral de agua, donde el factor más indispensable se basa en la reducción del consumo dentro de los edificios.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

4.1. Selección de un modelo arquitectónico

La siguiente metodología se desarrollará sobre un modelo de objeto arquitectónico, es decir, sobre un tipo de edificio particular, con el fin de mostrar una forma generalizada de aplicación de la metodología, que como tal, es una serie de criterios que ayudarán a desarrollar un sistema de gestión de agua, para todo tipo de objetos arquitectónico, que se acerque más a lo que en este texto se le llama arquitectura del agua.

El tipo de edificio con el que se lleva a cabo esta metodología es de vivienda unifamiliar industrializada, es decir, una casa modular, debido a que como se ha planteado anteriormente, el desarrollo de esta metodología está pensado para utilizarse en lo que se pretende será el futuro de la construcción y así entrar de forma vigente con este modo de elaborar los edificios. También se eligió una vivienda porque este tipo de edificios presentan en su conjunto, el

principal consumo de agua en una ciudad⁴⁵. Además con la superficie de las viviendas unifamiliares tipo, es más práctico desarrollar la metodología y más sencillo de explicar. Se elige una familia de cuatro integrantes, 2 padres y 2 hijos, ya que es la familia promedio en la República Mexicana (tomado en base al censo de vivienda 2010, 2.5 hijos promedio por mujer mexicana), y la mayoría de las viviendas de interés social son hechas para este tipo de familias como se muestra a continuación.

⁴⁵ Basado en que en el Distrito Federal, el 97% del agua es utilizada para abastecimiento público urbano, del cual 84% es vivienda. Fuente: CONAGUA.

Ortega, Ana Lilia (2009) presenta una tabla resumen donde se exponen los tipos de vivienda que construyen las principales empresas inmobiliarias del sector habitacional en México. Con esto podemos retomar y confirmar que una vivienda para cuatro habitantes es la mejor forma de desarrollar la metodología, y poder plantear un escenario en donde el modelo arquitectónico empleado es el más adecuado para este fin.

Constructora	PLANTA BAJA							PLANTA ALTA				m ²
	Estancia	Comedor	1/2 baño	Vestibulo P.B.	Cocina	Patio de servicio	Estacionamiento	Recámara	Baño	Estudio, alcoba o sala de TV	Vestibulo P.A.	
Homes 1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	0	1	100
Homes 2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	90
Homes 3	1	1	1	1	1	1	2	3	2	0	1	90
Casa Ara	1	1	1	1	1	1	2	3	1	0	1	92
Casas Geo 1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	0	1	85
Casas Geo 2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	0	1	95
Casas Geo 3	1	1	1	1	1	1	1	3	2	0	1	112
Sare	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	1	119
ViveICA	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	110
Homex 1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	0	1	103
Homex 2	1	1	1	1	1	1	2	3	2	0	1	108

Tabla 1.- Viviendas de interés social predominantes en México. Fuente: Ortega, Ana Lilia 2009. Reproducción con fines académicos

Se puede decir entonces, que para desarrollar ésta metodología, se ha seleccionado una vivienda modular unifamiliar basada en el escenario futuro de la construcción de edificios, que es la construcción

industrializada; para una familia de integrantes promedio; y con un modelo arquitectónico promedio, basado en las principales constructoras de vivienda en México, una casa-habitación con los siguientes

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

espacios: estancia – comedor, cocina, 2 ½ baños, 3 recámaras, patio de servicio y cochera.

4.2. Calculo del consumo de agua

Para desarrollar un sistema almacenador de agua se necesita conocer dos aspectos primordiales a) la cantidad de agua que se consume en el objeto, b) la cantidad de agua que podemos recolectar para satisfacer ese consumo. Con los resultados que nos arrojen los dos puntos anteriores se podrá conocer la capacidad de almacenamiento de agua que se debe tener.

En los dos puntos siguientes, se toma el peor escenario posible para comprobar la factibilidad de la metodología utilizada. Esto se hace con varios objetivos, uno de ellos es el de proponer un sistema que cumpla con las exigencias más extremas y otro es el de sacar conclusiones que mostrarán los puntos débiles de este sistema, ya que sería forzado al máximo.

A pesar de tomar los peores casos, se recuerda en cada punto que no solo se trata de consumir más agua si la disponemos, sino de hacer más eficiente su uso. Por lo tanto aunque para el modelo de estudio se toma de referencia el valor más exigente, no por eso significa que se va a permitir consumir y desperdiciar toda el agua que se plazca, sino por el contrario, debemos de pensar en el ahorro y en minimizar los consumos de agua, por lo que con cada resultado, también se señalará una forma de minimizar los consumos y aumentar la eficiencia del sistema, tomando como referencia dos valores el máximo y el mínimo posible, el último tomado a partir de la disminución de consumos, es decir, el ahorro y la concientización.

Para calcular el consumo de agua, se toman de distintas fuentes: el consumo promedio por habitante en el distrito federal (338 litros), el consumo por habitante al día que establece la Organización Mundial de la Salud (90 litros) y el consumo mínimo que establece por habitante al día, el reglamento de Construcciones del Distrito Federal (150 litros) y se

toma el consumo más exigente, esto ayuda para tener conclusiones más precisas. Para el segundo punto, se toma la cantidad total de agua de lluvia de tres zonas en el país: la mínima (Baja California sur), la media (Promedio Nacional) y la máxima (Tabasco), para poder obtener distintos resultados.

Se habla entonces de ir desarrollando la metodología de diseño, mostrando los puntos débiles que podría tener el sistema para que se puedan fortalecer y lograr así un mejor resultado, también con estas derivaciones se podrá evaluar si la implementación del sistema como tal, es factible en todos los casos del planteamiento a futuro que se hace en este escrito, veremos si es posible lograr la sustentabilidad del objeto arquitectónico en el caso del agua, es decir, si se requiere de una fuente de abastecimiento externa a la ubicación del objeto arquitectónico. Por lo tanto, el cálculo del consumo de agua se convierte en uno de los primeros elementos de análisis, para evaluar la efectividad de la implementación de un modelo de gestión de agua, ya que la primera función que debe cumplir un

elemento de este tipo, es lograr abastecer continua e ininterrumpidamente el líquido.

Para poder lograr un adecuado modelo de gestión de agua, es esencialmente necesario conocer, que capacidad del líquido es la requerida por los habitantes de dicho objeto arquitectónico, para esto existen diversos parametros de consumo que se pueden tomar en cuenta para realizar un calculo que garantice el suministro continuo de agua.

4.2.1. Consumo de agua en la ciudad de Mexico

Para este caso se toma de referencia el consumo por habitante en la ciudad de México, D. F., ya que es una de las ciudades donde se encuentran distintas variaciones de consumo dependiendo la zona, lo que obtiene como resultado, un promedio que esta más allá de los consumos minimos.

Para poder obtener este consumo se realiza a continuación lo siguiente: se toma el consumo de agua anual del abastecimiento publico y se le divide

entre el número de habitantes, la cantidad que resulte se divide entre los 365 días del año y nos da un consumo por habitante al día.

El último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la ciudad de México, nos indica que la población de ésta para el 2010 era de 8,838,981 habitantes por lo que tenemos el primer dato.

El consumo anual de agua que se necesita para el abastecimiento público urbano en la ciudad de México, es de 1090 hm³, por lo que tenemos el segundo dato⁴⁶.

Teniendo los dos datos anteriores se puede proceder a hacer la operación:

Tenemos que 1 hm³ = 1,000,000 m³, por lo tanto, 1090 hm³ = 1090,000,000 m³

⁴⁶ SEMARNAT.(2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

Si dividimos 1090,000,000 m³ entre 8,838,981 hab. Tenemos 123.32 m³ por habitante al año

Por lo que 123.32 m³ entre 365 días, nos da como resultado 0.338 m³ lo que equivale a **338 litros promedio por habitante.**

Se tiene que aclarar que, este resultado no significa que sea la cantidad real que consume una persona en una vivienda, sino que, es una cantidad que nos servirá de parametro para compararla con la de los siguientes dos puntos y así poder crear el peor escenario.

>>> 83

4.2.2. Consumo de agua recomendado por la Organización Mundial de la Salud

El consumo de agua necesario para una vivienda, se toma de los requerimientos que menciona la organización mundial de la salud, la cual nos dice que se necesitan: 5 litros de agua por habitante para a preparación de alimentos; 25 litros para el aseo personal; y 60 litros más para el aseo del hogar que

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

incluye, lavado de ropa, lavado del auto y riego de jardines. Haciendo la suma de las distintas cantidades obtenemos que se necesitan **90 litros promedio por habitante al día**.

4.2.3. Consumo de agua por Normativa ■

Según el reglamento de construcciones del distrito federal se considera una dotación mínima de **150 litros diarios por persona al día**

Por tanto basandonos en los consumos anteriores, el que presenta el mayor es el consumo promedio por habitante en la ciudad de México, así mismo resulta que el consumo promedio de los tres son 193 litros/hab/día.

Cuando se desarrolle el diseño de un sistema de almacenamiento, es conveniente que se trate de hacer el cálculo del consumo de agua en el objeto arquitectónico, lo más apegado al consumo real, con la finalidad de obtener un resultado más eficiente, ya que en esta investigación, se desarrolla para el

consumo específico de una vivienda modular para cuatro habitantes.

Hasta ahora se tienen tres consumos base para calcular la capacidad del elemento almacenador, un consumo mínimo que son 90 litros/hab/día (l/h/d), un consumo promedio de 193 l/h/d y un consumo elevado de 338 l/h/d. A partir de estos datos, se puede calcular la cantidad de agua necesaria, para abastecer por todo un año a una vivienda modular de cuatro personas. Para lo anterior, solo queda realizar el cálculo del consumo de agua para los cuatro habitantes y el resultado multiplicarlo por los días del año, recordemos que cada cuatro años se agrega un día, por lo que lo más conveniente será realizarlo, por 366 días.

Consumo mínimo al año

. $(90 \text{ l/h/d}) * (4 \text{ habitantes}) = \mathbf{360 \text{ litros}}$, multiplicados por los 366 días tenemos:

$$(360 \text{ litros}) * (366) = 131,760 \text{ litros} = \mathbf{131.76m^3}$$

Consumo promedio al año

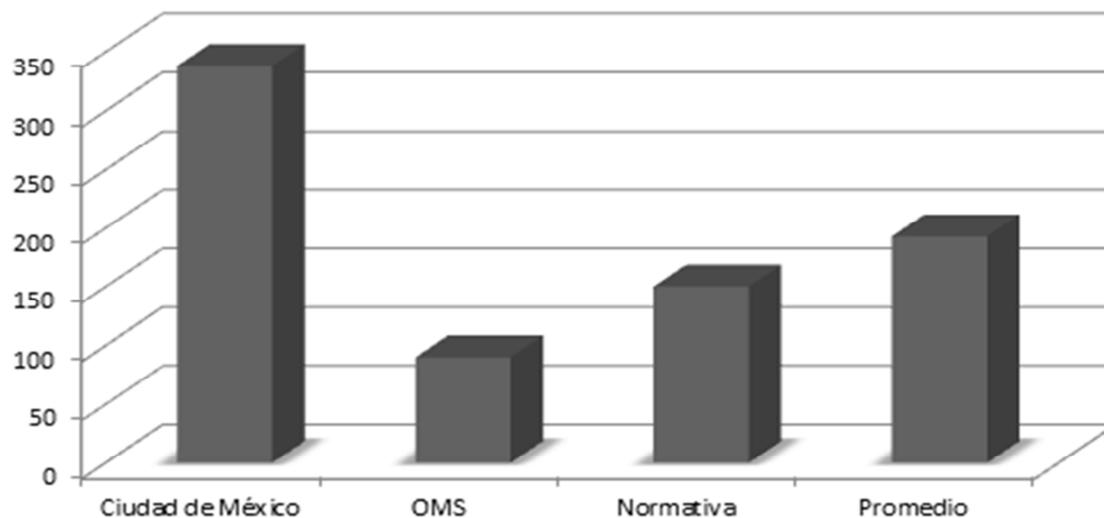
$(193 \text{ l/h/d}) * (4 \text{ habitantes}) = 772 \text{ litros}$,
multiplicados por los 366 días tenemos:

$(772 \text{ litros}) * (366) = 282,552 \text{ litros} = 282.552 \text{ m}^3$

$(338 \text{ l/h/d}) * (4 \text{ habitantes}) = 1352 \text{ litros}$,
multiplicados por los 366 días tenemos:

$(1352 \text{ litros}) * (366) = 494,832 \text{ litros} = 494.832 \text{ m}^3$

Consumo elevado al año



>>> 85

Imagen 19.- Gráfico de consumos de agua por habitante al día en vivienda con base en distintas referencias. Elaboración propia..

Una vez que se tiene el consumo de agua que se necesita para poder realizar las actividades en una

vivienda, se procede a realizar el cálculo de la cantidad de agua que las fuentes (en este caso el

agua de lluvia), pueden proporcionar y con que frecuencia, para así poder realizar un predimensionamiento de el elemento almacenador; ya que en principio, pareceria que se debe de tener un almacenamiento para toda la cantidad necesaria de agua, pero como se verá más adelante, debido a las precipitaciones pluviales, no será necesario almacenar toda el agua requerida para todo el año.

4.3. Calculo del suministro

86 <<<

El cálculo del suministro servirá para saber que cantidad de agua puede proporcionar la fuente y así poder conocer que cantidad es la máxima que debe de ser almacenada en el sistema.

Para este caso se calculara que capacidad se necesita para abastecer la vivienda con agua de lluvia, sin que se vea afectado el suministro, por lo que se deben de revisar las precipitaciones pluviales de la ubicación donde estará la vivienda. Para el desarrollo de ésta metodología se tomarán tres precipitaciones de la república Mexicana, la zonas

donde se presenta la mayor precipitación pluvial, la precipitación media y la precipitación más baja, ésta última para llevar al máximo la capacidad del sistema de almacenamiento de agua y como se ha venido manejando, encontrar sus debilidades.

Si bien existen cálculos más certeros para calcular la precipitación y la cantidad exacta que se puede captar, para fines practicos de esta metodología, se realizarán cálculos básicos, ya que no se trata de diseñar un sistema de captación de aguas pluviales unicamente, sino el de establecer los parametros que se deben de seguir para diseñar modelo adecuado de gestión de agua.

La Comisión Nacional del Agua, proporciona las estadísticas de precipitación pluvial para la república Mexicana, con estas cifras, se podrá determinar la cantidad de agua que podemos obtener por este medio, para satisfacer el modelo arquitectónico.

Se observa en la imagen de la república mexicana una serie de colores que determinan la cantidad pluvial que cae sobre cada zona, posteriormente se

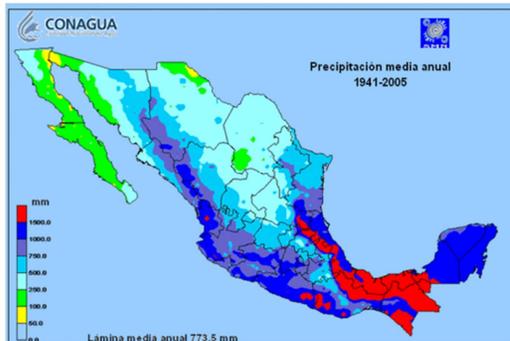
muestra una tabla, donde indica las precipitaciones pluviales para cada estado. Todas las cantidades son un promedio de la precipitación tomada a partir de 1945 hasta el 2005, por lo que si bien, no son cantidades exactas, brindan un resultado factible para el desarrollo de ésta metodología.

Se seleccionarán los dos estados con las precipitaciones pluviales más extremas, es decir, la precipitación mínima y la precipitación máxima.

Se encuentra a Baja California Sur, como el estado que tiene una menor precipitación pluvial en toda la república mexicana, con 176mm anuales. El estado que presenta una mayor precipitación es Tabasco, con 2405.8 mm anuales. Al final de la tabla se muestra la lámina media anual nacional, es decir el promedio en el país, que es 773.5mm.

Por lo tanto al conocer esas tres cantidades, se procederá a realizar la dotación que el agua pluvial puede brindar, y con estos resultados se podrá conocer, cual es la cantidad total de agua que se

debe almacenar, para dotar con el suministro necesario y constante durante todo el año, a una vivienda modular para cuatro habitantes, que es el modelo arquitectónico a calcular.



PRECIPITACIÓN MEDIA ESTATAL													
PERÍODO 1941 - 2005													
ESTADOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AGUASCALIENTES	12.2	6.7	3.9	7.2	16.8	73.2	102.3	102.7	79.0	32.1	10.9	9.4	456.4
BAJA CALIFORNIA	36.4	34.8	36.8	15.2	4.2	1.2	1.3	4.7	5.9	11.2	20.3	31.7	203.7
BAJA C. SUR	13.3	5.1	2.1	0.9	0.5	0.9	18.0	43.9	55.2	16.7	6.2	13.3	176.2
CAMPECHE	27.5	22.8	18.4	17.1	66.2	168.1	191.6	206.5	217.3	135.9	60.8	36.9	1169.2
COAHUILA	12.5	12.2	9.3	19.8	36.7	40.1	36.0	43.3	56.6	34.7	14.2	11.3	326.8
COLIMA	20.6	6.7	3.8	2.1	8.0	114.2	164.1	202.2	222.4	102.4	24.0	12.7	893.2
CHIAPAS	75.1	57.5	45.8	56.3	135.2	270.7	270.8	269.3	344.0	233.2	111.0	99.9	1968.9
CHIHUAHUA	16.3	10.7	6.9	7.9	10.1	36.1	109.4	99.5	68.4	29.4	10.9	17.7	423.4
D.F.	8.0	4.4	9.3	23.5	49.9	124.8	154.8	145.8	126.0	54.2	11.3	6.6	718.6
DURANGO	19.6	9.4	5.9	5.2	11.0	58.6	113.4	114.2	90.6	34.9	13.1	23.1	499.0
GUANAJUATO	12.5	6.5	8.2	14.5	36.1	106.6	129.3	127.0	102.4	41.4	11.5	9.4	605.3
GUERRERO	10.2	2.7	2.9	8.5	48.3	198.4	221.5	218.4	254.9	108.3	25.1	6.2	1105.4
HIDALGO	19.8	17.1	21.6	39.6	64.3	121.5	114.2	111.1	154.4	84.1	34.9	19.9	802.4
JALISCO	14.2	7.5	6.4	6.3	24.6	144.4	202.9	181.9	143.9	60.8	15.4	12.1	820.6
MEXICO	12.7	6.1	8.9	23.6	59.6	154.0	179.7	173.8	158.7	71.8	19.5	8.2	876.7
MICHOACAN	13.5	4.4	4.3	9.8	32.5	138.1	185.4	171.5	157.0	65.2	15.9	8.9	806.7
MORELOS	9.7	2.8	4.5	13.1	53.6	183.4	172.0	168.0	186.2	71.8	13.9	4.9	894.0
NAYARIT	18.8	9.8	4.5	4.0	7.4	136.2	280.5	277.2	222.6	76.0	15.3	16.3	1068.7
NUEVO LEON	20.1	17.8	18.7	36.3	59.3	71.0	58.6	84.4	132.8	67.4	19.5	16.2	602.2
OAXACA	29.5	25.7	21.8	30.6	86.5	257.0	268.4	257.5	289.6	153.5	62.5	36.2	1518.8
PUEBLA	29.5	25.7	27.0	45.4	82.3	188.0	199.2	197.9	235.8	142.6	62.1	35.3	1271.0
QUERETARO	11.2	5.4	8.1	19.7	39.9	100.6	107.5	101.9	100.9	43.4	12.4	7.0	558.2
Q. ROO	63.2	40.4	32.2	33.4	99.5	181.3	120.5	138.1	207.5	173.2	94.6	79.5	1263.3
S. LUIS P.	19.0	16.5	17.1	34.2	65.9	146.7	142.1	145.6	202.4	97.8	35.4	23.2	945.9
SINALOA	27.8	14.6	11.5	8.0	9.2	55.8	184.8	192.2	154.9	57.9	22.9	30.9	770.4
SONORA	23.7	15.5	10.1	4.2	3.4	19.1	115.2	107.9	57.9	25.4	13.2	25.9	421.6
TABASCO	175.3	120.6	79.5	74.0	123.9	245.8	208.9	251.5	380.1	343.1	213.7	189.5	2405.8
TAMAULIPAS	19.0	15.9	19.7	35.7	65.5	122.2	103.3	105.6	153.8	79.8	27.5	19.4	767.3
TLAXCALA	7.7	6.0	11.8	34.2	73.1	129.9	123.4	127.5	111.5	56.3	16.3	7.6	705.3
VERACRUZ	42.3	34.2	33.9	44.4	78.3	209.2	238.2	206.2	289.8	168.3	89.7	57.4	1492.0
YUCATAN	33.0	33.0	30.2	31.8	79.3	162.6	164.9	162.9	184.7	114.3	50.9	43.9	1091.5
ZACATECAS	15.5	8.6	5.8	7.1	18.7	82.4	117.8	113.2	85.2	35.6	12.2	15.5	517.6
NACIONAL	25.4	18.3	15.3	19.0	40.0	103.8	138.2	136.6	141.7	75.3	31.6	28.2	773.5

Imagen 20.- Precipitación media anual en México desde 1941 a 2005. Fuente Servicio meteorológico nacional <http://smn.cna.gob.mx>. Reproducción con fines académicos.

4.3.1. Precipitación mínima. Baja California Sur

Ahora que se conoce que Baja California Sur es el estado con menor precipitación media anual, se

retomara la parte de la tabla proporcionada por la CONAGUA, donde se registra la precipitación media mensual de Baja California sur, esto con el fin de ver en que meses se necesita almacenar la mayor cantidad de agua.

Baja C. sur	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	13.3 mm	5.1 mm	2.1 mm	0.9 mm	0.5 mm	0.9 mm	18.0 mm	43.9 mm	55.2 mm	16.7 mm	6.2 mm	13.3 mm	176.2 mm

Tabla. 2.- Precipitación pluvial de Baja California Sur desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.

>>> 89

Se obtiene la cantidad de un litro [1l] ,por cada milimetro (mm) de precipitación, que se capte en un metro cuadrado (1m²) de superficie horizontal, por lo que se tiene la siguiente tabla, que muestra los litros que se pueden captar por metro cuadrado de superficie, respecto a cada mes del año y también los litros que se pueden captar aprovechando la mitad

de los metros cuadrados de la vivienda modular, que como se plantea en dos niveles, solo se podrá utilizar la mitad de sus superficie que son 50m².

Baja C. sur	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Litrs.	Litrs											
1m ²	13.3	5.1	2.1	0.9	0.5	0.9	18.0	43.9	55.2	16.7	6.2	13.3	176.2
50m ²	665	255	105	49.5	25	49.5	900	2195	2760	835	310	665	8810

Tabla. 3.- Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

La cantidad recolectada por la superficie de 50m² que proporciona la vivienda modular, da como resultado, 8,810 litros, o lo mismo sería 8.81 m³, para comprobar la viabilidad de esta superficie, se retoman los tres datos que se obtuvieron de consumo en una vivienda modular para 4 habitantes, que son los siguientes:

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado
131,760 litros = 131.76m ³	282,552 litros = 282.552m³	494,832 litros = 494.832 m³

Tabla. 4.- Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Como se puede apreciar, la cantidad total suministrada por el agua pluvial y recolectada por la superficie de 50m², no satisface la dotación de agua requerida para la vivienda, por lo que se analizará, cual es la superficie necesaria para lograr la dotación

adecuada para los 3 casos. Con esto se puede decir que se tiene una primera debilidad y es el área de captación, la cual es muy pequeña.

Lo que se realizará a continuación, será dividir la cantidad necesaria de litros al año, entre la cantidad que se puede captar en un metro cuadrado, así dará como resultado la superficie necesaria para cada consumo.

$$\text{Consumo mínimo} = 131,760 \text{ ltrs} / 176.2 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{747.79 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo promedio} = 282,552 \text{ ltrs} / 176.2 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{1603.60 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo elevado} = 494,832 \text{ ltrs} / 176.2 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{2808.35 \text{ m}^2}$$

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado
131,760 litros = 131.76m³	282,552 litros = 282.552m ³	494,832 litros = 494.832 m ³
747.79 m ²	1603.60 m²	2808.35 m²

Tabla. 5.- Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

>>> 91

Se calcula el porcentaje de precipitación de cada mes con respecto al total acumulado y se incrementa con la cantidad necesaria, con el fin de revisar cuando se necesita acumular más agua en el sistema almacenador.

Baj C. sur	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs	Lts año
1 m ²	13.3	5.1	2.1	0.9	0.5	0.9	18.0	43.9	55.2	16.7	6.2	13.3	176.2
%	7.54	2.89	1.19	0.51	0.28	0.51	10.02	24.91	31.33	9.48	3.52	7.54	
mi n	9934.70	3807.86	1567.94	671.98	368.93	671.98	13202.35	32821.42	41280.41	12490.85	4637.95	9934.70	131760
me d	21229.02	8136.85	3350.47	1435.92	788.35	1435.92	28211.51	70134.60	88210.24	26691.13	9910.63	21229.02	281552
ma x	37310.33	14300.64	5888.50	2523.64	1385.53	2523.64	49582.17	123262.65	155030.87	46910.07	17418.09	37310.33	494832

Tabla.6.- Cantidad de agua pluvial que se puede captar en Baja California Sur con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se establece la cantidad de agua requerida para satisfacer la vivienda durante cada mes, para los tres diferentes consumos. Esto se realiza dividiendo el consumo total anual entre los doce meses del año.

Consumo mínimo = 131,760 ltrs / 12 meses = **10,980 litros/mes = 10.98m³**

Consumo promedio = 282,552 ltrs / 12 meses = **23,546 litros/mes = 23.546m³**

Consumo elevado = 494,832 ltrs / 12 meses = **41,236 litros/mes = 41.236m³**

Baja C. sur	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Litrs.	Litrs										
min	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
med	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
max	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236

Tabla. 7.- Litros de agua necesarios al mes para una vivienda familiar de 4 habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Posteriormente para obtener el deficit de suministro, al consumo necesario mensual, se le resta la cantidad de precipitación pluvial captada por la superficie necesaria para abastecer la vivienda. La suma de los superavit de los días con mayor precipitación pluvial, nos dará el dimensionamiento máximo del sistema almacenador de agua.

Consumo Minimo

Baja C. sur	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
min	9934.70	3807.86	1567.94	671.98	368.93	671.98	13202.35	32821.42	41280.41	12490.85	4637.95	9934.70
Min/mes	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
Deficit	-1045.3	7172.14	9412.06	10308.02	10611.07	10308.02	2222.35	21841.42	30300.41	1510.85	6342.05	-1045.3

Tabla. 8.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

94 <<<

Como se puede apreciar existen cuatro meses donde se presenta un superavit, por lo que la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar.

Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

$$2,222.35 \text{ ltrs} + 21,841.42 \text{ ltrs} + 30,300.41 \text{ ltrs} + 15,10.8 \text{ ltrs} = \mathbf{55,874.18 \text{ ltrs} = 55.874 \text{ m}^3}$$

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo mínimo, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 55,874.18 ltrs ó 55.874 m³.

Consumo Promedio

Baja C. sur	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
med	21229 .02	8136. 85	3350. 47	1435. 92	788.3 5	1435. 92	28211 .51	70134 .60	88210 .24	26691 .13	9910. 63	21229 .02
Min/ mes	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
Deficit	2316. 98	15409 .15	20195 .53	22110 .08	22757 .65	22110 .08	4665. 51	46588 .6	64664 .24	3145. 13	13635 .37	2316. 98

Tabla. 9.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se vuelven a registrar los mismos cuatro meses donde se presenta un superavit, por lo que la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar para un consumo medio.

Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

4,665.51 ltrs + 46,588.6 ltrs + 64,664.24 ltrs + 3,145.13 ltrs = **119,062.88 ltrs = 119.063 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo promedio, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 119,062.88 ltrs ó 119.63 m³.

>>> 95

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Consumo Elevado

Baja C. sur	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.max	37310.33	14300.64	5888.50	2523.64	1385.53	2523.64	49582.17	123262.65	155030.87	46910.07	17418.09	37310.33
Min/mes	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236
Deficit	-3925.67	-26935.36	-35347.5	-38712.36	-39850.47	-38712.36	8346.17	82026.65	113794.87	5674.07	23817.91	3925.67

Tabla. 10.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

96 <<<

Como en los dos casos anteriores, se vuelven a registrar los mismos cuatro meses donde se presenta un superavit, por lo que, de igual forma, la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar para un consumo elevado.

Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

$$8,346.17 \text{ ltrs} + 82,026.65 \text{ ltrs} + 113,794.87 \text{ ltrs} + 5,674.07 \text{ ltrs} = \mathbf{209,841.76 \text{ ltrs} = 209.842 \text{ m}^3}$$

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo promedio, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 209,841.76 ltrs ó 209.842 m³.

Antes de proseguir con el promedio de precipitación pluvial en México, se ha visto que, cuando existe un mayor consumo de agua, el sistema almacenador también aumenta sus dimensiones, así como la superficie de captación también se debe incrementar, por lo que podría resultar en la infactibilidad del sistema, o lo que es lo mismo: a mayor consumo de agua, el sistema se vuelve menos factible, por ello, se debe buscar la solución más

efectiva que como se vera, radica en la disminuci3n del consumo de agua, es decir en el ahorro y como el caso de Baja california Sur es donde se tiene menor precipitaci3n media anual, se mostrar3 que sucederia si se aplicar3 un porcentaje de ahorro al consumo de agua y que tan factible puede ser un sistema de almacenamiento.

Para realizar este ejemplo, se tomar3 el consumo m3nimo necesario, que como se demostrara, no es tan necesario el consumir tanta agua.

Tenemos que la OMS dice que se necesitan 90 litros de agua diarios por habitante en una vivienda y se divide por las siguientes actividades.

5 litros preparaci3n de
alimentos

25 litros para el aseo
personal

60 litros para el aseo del
hogar y riego de jard3nes

>>> 97

Tabla. 11.- Distribuci3n de consumo de agua para una persona en una vivienda. Fuente: Elaboraci3n propia con datos obtenidos de la Organizaci3n Mundial de la Salud .

Como se hab3a mencionado en el capitulo 3, aplicar una serie de estrategias en las viviendas, lleva a un factor de reducci3n, por lo que si aplicamos un factor de reducci3n hipotetico del 60% a los consumos que ofrece la OMS, podremos obtener resultados que puedan ayudar a construir un modelo mas adecuado de gesti3n de agua. Por lo que se tiene que:

<p>5 litros preparación de alimentos</p> <p><u>No aplica reducción</u></p>	<p>Sería muy difícil aplicar en este consumo el factor de reducción, ya que es de suma importancia asegurar el consumo del liquido para que el ser humano, pueda satisfacer sus necesidades vitales.</p>
<p>25 litros para el aseo personal</p> <p><u>No aplica reducción</u></p>	<p>Aquí se podría aplicar el factor de reducción, pero debido a que implica más cambiar los habitos comunes de la gente que, el implementar estrategias de diseño, representa una cuestión más difícil de reducir.</p>
<p>60 litros para el aseo del hogar y riego de jardines</p> <p>60 litros x 0.60 (fact reducción) =</p> <p>36 litros</p>	<p>Este consumo representa uno mayor al de la suma de las dos cantidades anteriores, y es aquí donde con una serie de estrategias de diseño, se puede alcanzar la reducción del 60% del consumo por lo que tendríamos lo siguiente</p>

Tabla. 12.- Aplicación del factor de reducción a los diferentes consumos de agua. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Organización Mundial de la Salud. .

Al aplicar la reducción solo a los consumos donde se puede lograr esta meta, se obtiene lo siguiente. 5 litr prep. Alimentos + 25 litros aseo personal + 36 litros limpieza general y riego de jardines =

66 litros de agua por habitante al día

Por lo que se podría decir, que el consumo eficiente de agua por habitante al día son 66 litros. Ahora se procede a seguir con el cálculo de la capacidad del sistema almacenador, diseñado para utilizarse en una vivienda donde se eficiente el consumo de agua.

Consumo Eficiente

Primero se procede a calcular el consumo mensual para los cuatro habitantes:

$$(66 \text{ l/h/d}) \times (4 \text{ hab}) = (264 \text{ l/d}) \times (366 \text{ dias}) = (96,624 \text{ ltrs}) / 12 \text{ meses} = \mathbf{8,052 \text{ l/m}}$$

Ahora se calcula la superficie necesaria para almacenar la cantidad de agua pluvial en base a la precipitación media anual. y posteriormente se presenta los datos en una tabla, junto con los datos de la cosecha para una superficie de 50m²

$$\text{Consumo mínimo} = (96,624 \text{ ltrs/año}) / 176.2 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{548.40 \text{ m}^2 \text{ se redondea a } 550\text{m}^2}$$

>>> 99

Baja C. sur	Ene Litrs	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs	Año Litrs
1m ²	13.3	5.1	2.1	0.9	0.5	0.9	18.0	43.9	55.2	16.7	6.2	13.3	176.2
50m ²	665	255	105	49.5	25	49.5	900	2195	2760	835	310	665	8810
550m ²	7315	2805	1155	495	275	495	9900	24145	30360	9185	3410	7315	96,624

Tabla. 13.- Cantidad de agua pluvial que se puede en Baja California Sur con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Ahora se procede a calcular el deficit que se presenta en cada mes, así com el superavit, para poder realizar posteriormente la capacidad de almacenamiento que se requiere.

Baja C. sur	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.min	7315	2805	1155	495	275	495	9900	24145	30360	9185	3410	7315
efi/mes	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052
Deficit	-737	-5247	-6897	-7557	-7777	-7557	1848	16093	22308	1133	-4642	-737

Tabla. 14.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

El superavit se presenta de la misma forma en los cuatro meses con mayor precipitación pluvial, por lo que la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar.

Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

$$1848 \text{ ltrs} + 16093 \text{ ltrs} + 22308 \text{ ltrs} + 1133 \text{ ltrs} = \mathbf{41,382 \text{ ltrs} = 41.382 \text{ m}^3}$$

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo mínimo, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 41,382 ltrs ó 41.382 m³.

El uso de este sistema, en base a la cosecha de agua de lluvia para la precipitación mínima del país parece poco factible, sobre todo, debido a que se necesita una gran superficie para poder cosechar toda el agua, y así satisfacer la demanda en la vivienda, además la factibilidad es menor cuando se presentan consumos de agua elevados, ya que se requiere mayor superficie y mayor almacenamiento.

4.3.2. Precipitación media anual mexicana

Después de realizar la comprobación de la factibilidad de implementar un sistema de almacenamiento de agua pluvial, en una vivienda modular para cuatro habitantes, en la zona donde se registra la menor precipitación pluvial en México, se procede a

implementar el mismo análisis para la precipitación media nacional, así mismo, con el resultado se comprobará la factibilidad de esta.

Se comenzará retomando los datos proporcionados por la CNA, sobre la precipitación media anual nacional, registrada desde 1945 hasta 2005.

Med Rep Mex	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	25.4	18.3	15.3	19.0	40.0	103.8	138.2	136.6	141.7	75.3	31.6	28.2	773.5
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm

Tabla. 15.- Precipitación pluvial media de la República Mexicana desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.

Como se mencionó previamente, se obtiene la cantidad de un litro [1l] ,por cada milimetro [mm] de precipitación, que se capte en un metro cuadrado [1m²] de superficie horizontal, por lo que se tiene la siguiente tabla, que muestra los litros que se pueden captar por metro cuadrado de superficie, respecto a

cada mes del año y también los litros que se pueden captar aprovechando la mitad de los metros cuadrados de la vivienda modular, que como se plantea en dos niveles, solo se podrá utilizar la mitad de su superficie, que son 65m².

>>> 101

Med mex	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
	Litrs												
1m ²	25.4	18.3	15.3	19.0	40.0	103.8	138.2	136.6	141.7	75.3	31.6	28.2	773.5
50m ²	1270	915	765	950	2000	5190	6910	6830	7085	3765	1580	1410	38675

Tabla. 16.- Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada con la precipitación media anual mexicana. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

La cantidad recolectada por la superficie de 50m² que proporciona la vivienda modular, da como

resultado, 38,675 litros, o lo mismo sería 38.675 m³, para comprobar la viabilidad de esta superficie,

se retoman los cuatro datos que se han obtenido previamente de consumo en una vivienda modular para 4 habitantes, que son los siguientes:

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado	Consumo eficiente
131,760 litros = 131.76m ³	282,552 litros = 282.552m ³	494,832 litros = 494.832 m ³	96,624 litros = 96.624 m ³

Tabla. 17.- Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

102 <<<

Como se puede apreciar, la cantidad total suministrada por el agua pluvial y recolectada por la superficie de 50m², nuevamente no satisface la dotación de agua requerida para la vivienda, por lo que se analizará, cual es la superficie necesaria para lograr la dotación adecuada para los cuatro casos. Con esto se comprueba más la debilidad del área de captación.

Lo que se realizará a continuación, será dividir la cantidad necesaria de litros al año, entre la cantidad que se puede captar en un metro cuadrado, así dará

como resultado la superficie necesaria para cada consumo.

$$\text{Consumo mínimo} = 131,760 \text{ ltrs} / 773.5 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{170.35 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo promedio} = 282,552 \text{ ltrs} / 773.5 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{365.30 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo elevado} = 494,832 \text{ ltrs} / 773.5 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{639.74 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo eficiente} = 96,624 \text{ ltrs} / 773.5 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{124.92 \text{ m}^2}$$

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado	Consumo eficiente
131,760 litros	282,552 litros	494,832 litros	96,624 litros
170.35 m ²	365.30 m ²	639.74 m ²	124.92 m ²

Tabla. 18.- Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes con la precipitación media anual mexicana. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se calcula el porcentaje de precipitación de cada mes con respecto al total acumulado y se incrementa con la cantidad necesaria, con el fin de revisar cuando se

necesita acumular más agua en el sistema almacenador.

Med mex	Ene Litr	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs	Lts año
1m²	25.4	18.3	15.3	19.0	40.0	103.8	138.2	136.6	141.7	75.3	31.6	28.2	773.5
%	3.28	2.37	1.98	2.46	5.17	13.42	17.87	17.66	18.32	9.73	4.09	3.65	100.00
min	432 6.89	3117.4 1	2606. 36	3236.6 5	6814.0 0	17682. 33	23542. 37	23269. 81	24138. 60	12827. 36	5383.0 6	4803.8 7	1317 60
med	927 8.62	6684.9 9	5589. 09	6940.7 0	14612. 00	37918. 14	50484. 46	49899. 98	51763. 01	27507. 09	11543. 48	10301. 46	2825 52
max	162 49.4 0	11707. 24	9788. 02	12155. 06	25589. 60	66405. 01	88412. 07	87388. 48	90651. 16	48172. 42	20215. 78	18040. 67	4948 32
efi	317 2.97	2286.0 4	1911. 28	2373.4 8	4996.8 0	12966. 70	17263. 94	17064. 07	17701. 16	9406.4 8	3947.4 7	3522.7 4	9662 4

Tabla. 19.- Cantidad de agua pluvial que se puede captar con la precipitación media anual mexicana con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

>>> 103

Se retoma la tabla de la cantidad de agua necesaria para abastecer a la vivienda al mes, por cada

consumo y se agrega el consumo eficiente que no se tenía contemplado en la tabla anterior.

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
min	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
med	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
max	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236
efi	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052

Tabla. 20.- Cantidad mensual de agua necesaria para abastecer una vivienda modular para cuatro habitantes, con diferentes consumos. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Nuevamente para obtener el deficit de suministro, al consumo necesario mensual se le resta la cantidad de precipitación pluvial captada por la superficie necesaria para abastecer la vivienda. La suma de los

superavit de los días con mayor precipitación pluvial, dará el dimensionamiento máximo del sistema almacenador de agua.

Consumo Minimo

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litr	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
min	4326.8 9	3117.4 1	2606.3 6	3236.6 5	6814 1098	17682.3 3	23542.3 7	23269.8 1	24138. 6	12827.3 6	5383.0 6	4803.8 7
Min/mes	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
Deficit	6653.1 1	7862.5 9	8373.6 4	7743.3 5	-4166	6702.33	12562.3 7	12289.8 1	13158. 6	1847.36	5596.9 4	6176.1 3

Tabla. 21.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial con la media mexicana y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se presentan cinco meses con un superavit (un mes más que en la precipitación mínima), la suma de los superavit, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

6,702.33 ltrs + 12,562.37 ltrs + 12,289.81 ltrs + 13,158.6 ltrs + 1,847.36 = **46,560.47 ltrs = 46.561 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo minimo, para satisfacer de agua los meses que presentan deficit durante el año, con la precipitación pluvial media mexicana, es de 46,560.47 ltrs ó 46.561 m³.

Consumo Promedio

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
med	9278.6 2	6684.9 9	5589.0 9	6940. 70	14612. 00	37918. 14	50484. 46	49899. 98	51763. 01	27507. 09	11543. 48	10301. 46
Min/m es	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
Deficit	14267. 38	16861. 01	17956. 91	16605 .3	-8934	14372. 14	26938. 46	26353. 98	28217. 01	3961.0 9	12002. 52	13244. 54

Tabla. 22.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se vuelven a registrar los mismos cinco meses donde se presenta un superavit, por lo que la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar para un consumo medio.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto +
Superavit septiembre + Superavit octubre =
almacenamiento total

Por tanto:

14,372.14 ltrs + 26,938.46 ltrs + 26,353.98 ltrs +
28,217.01 ltrs + 3,961.09 ltrs = **99,842.68 ltrs** =
99.843 m³

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo promedio, para satisfacer los meses, con la precipitación pluvial media mexicana, es de 99,842.68 ltrs ó 99.843 m³.

>>> 105

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Consumo Elevado

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.max	16249. 40	11707. 24	9788.0 2	12155. 06	25589. 60	66405. 01	88412. 07	87388. 48	90651. 16	48172. 42	20215. 78	18040. 67
Min/m es	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236
Deficit	- 24986. 6	- 29528. 76	- 31447. 98	- 29080. 94	- 15646. 4	25169. 01	47176. 07	46152. 48	49415. 16	6936.4 2	- 21020. 22	- 23195. 33

Tabla. 23.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

106 <<<

Como en los dos casos anteriores, se vuelven a registrar los mismos cinco meses donde se presenta un superavit, por lo que, de igual forma, la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar para un consumo elevado.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto +
Superavit septiembre + Superavit octubre =
almacenamiento total

Por tanto:

25,169.01 ltrs + 47,176.07 ltrs + 46,152.48 ltrs +
49,415.16 ltrs + 6,936.42 ltrs = **174,849.14 ltrs**
= **174.85 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo promedio, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es la media nacional, es de 174,849.14 ltrs ó 174.85 m³.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Consumo Eficiente

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.efi	3172.9 7	2286.0 4	1911.2 8	2373.4 8	4996.8 0	12966.7 0	17263.9 4	17064.0 7	17701.1 6	9406.4 8	3947.4 7	3522.7 4
Min/m es	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052
Deficit	- 4879.0 3	- 5765.9 6	- 6140.7 2	- 5678.5 2	- 3055.2	4914.7	9211.94	9012.07	9649.16	1354.4 8	4104.5 3	- 4529.2 6

Tabla. 24.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

En el consumo eficiente, se registran mismos cinco meses que tienen un superavit (junio a octubre), de igual forma la suma de estos, dará el total del agua que se debe almacenar.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

4,914.7 ltrs + 9,211.94 ltrs + 9,012.07 ltrs + 9,649.16 ltrs + 1,354.48 ltrs = **34,142.35 ltrs** = **34.143 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo eficiente, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 34,142.35 ltrs ó 34.143 m³.

Se ha visto que la eficacia de este sistema de vuelve mayor, cuando la precipitación aumenta, sin embargo, sigue siendo poco factible la aplicación de un sistema de este tipo, con las condiciones de una precipitación media nacional para los consumos mínimo, medio y elevado, aunque también lo es un poco para el consumo eficiente, se observa que su factibilidad va mejorando, por lo que la combinación

>>> 107

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

que puede fortalecer las debilidades de este sistema sean: precipitación mayor y un consumo eficiente.

A continuación se mostrará cual es la factibilidad para todos los consumos, en Tabasco, que es el estado que presenta una mayor precipitación pluvial, en la república mexicana, se aplicará la metodología que se ha estado utilizando para los casos de precipitación mínima y media.

4.3.3. Precipitación máxima. Tabasco

A continuación se analizará que tan factible es el uso del sistema, en la zona donde se presenta la precipitación pluvial más alta de la república mexicana, que es en el estado de Tabasco, aquí se detectará si el uso de este sistema tiene alguna mínima factibilidad o no tiene ninguna.

med Tab	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	175.3	120.6	79.5	74	123.9	245.8	208.9	251.5	380.1	343.1	213.7	189.5	2405.8
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm

Tabla. 25.- Precipitación pluvial media del estado de Tabasco desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.

Se comenzará retomando los datos proporcionados por la CNA, de la precipitación del estado de Tabasco registrada desde 1945 hasta 2005.

Ya se sabe que se obtiene la cantidad de un litro (1l) ,por cada milimetro (mm) de precipitación, que se capte en un metro cuadrado (1m²) de superficie

horizontal, por lo que se tiene la siguiente tabla, que muestra los litros que se pueden captar por metro cuadrado de superficie, respecto a cada mes del año y también los litros que se pueden captar en los 50 m² de la vivienda modular.

Med mex	Ene Litrs	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs	Año Litrs
1m ²	175.3	120.6	79.5	74	123.9	245.8	208.9	251.5	380.1	343.1	213.7	189.5	2405.8
50m ²	8765	6030	3975	3700	6195	12290	10445	12575	19005	17155	10685	9475	120290

Tabla. 26.- Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada con la precipitación media del estado de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

La cantidad recolectada por la superficie de 50m² que proporciona la vivienda modular, da como resultado, 120,290 litros, o lo mismo sería 120.29 m³, para comprobar la viabilidad de esta superficie, se retoman los cuatro datos de consumo para una vivienda modular de 4 habitantes, que se han obtenido previamente:

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado	Consumo eficiente
131,760 litros = 131.76m ³	282,552 litros = 282.552m³	494,832 litros = 494.832 m³	96,624 litros = 96.624 m³

Tabla. 27.- Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Como se puede apreciar, la cantidad total suministrada por el agua pluvial y recolectada por la superficie de 50m², satisface el consumo eficiente de

agua, además, por muy poco queda a punto de satisfacer el consumo mínimo, aunque el consumo promedio y el consumo elevado, no se satisfacen en gran medida. A continuación, se dividirá la cantidad necesaria de litros al año, entre la cantidad que se puede captar en un metro cuadrado, así dará como resultado la superficie necesaria para cada consumo.

$$\text{Consumo mínimo} = 131,760 \text{ ltrs} / 2,405.80 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{54.77 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo promedio} = 282,552 \text{ ltrs} / 2,405.80 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{117.45 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo elevado} = 494,832 \text{ ltrs} / 2,405.80 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{205.68 \text{ m}^2}$$

$$\text{Consumo eficiente} = 96,624 \text{ ltrs} / 2,405.80 \text{ ltrs.m}^2 = \mathbf{40.17 \text{ m}^2}$$

Consumo mínimo	Consumo promedio	Consumo elevado	Consumo eficiente
131,760 litros	282,552 litros	494,832 litros	96,624 litros
54.77 m ²	117.45 m ²	205.68 m ²	40.17 m ²

Tabla. 28.- Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes con la precipitación media anual de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se calcula el porcentaje de precipitación de cada mes con respecto al total acumulado y se incrementa o en este caso decremente, con la cantidad necesaria, con el fin de revisar cuando se necesita acumular más agua en el sistema almacenador.

Med Tab	Ene Litr	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs	Lts año
1m ²	175.3	120.6	79.5	74	123.9	245.8	208.9	251.5	380.1	343.1	213.7	189.5	2405.8
%	0.07	0.05	0.03	0.03	0.05	0.10	0.09	0.10	0.16	0.14	0.09	0.08	100
min	9601.18	6605.262	4354.215	4052.98	6786.003	13462.466	11441.453	13774.655	20818.077	18791.587	11704.349	10378.915	131765.666
med	20588.985	14164.47	9337.275	8691.3	14552.055	28869.21	24535.305	29538.675	44642.745	40297.095	25099.065	22256.775	282561.21
max	36055.704	24805.008	16351.56	15220.32	25483.752	50556.144	42966.552	51728.52	78178.968	70568.808	43953.816	38976.36	494824.944
efi	7041.801	4844.502	3193.515	2972.58	4977.063	9873.786	8391.513	10102.755	15268.617	13782.327	8584.329	7612.215	96640.986

Tabla. 29.- Cantidad de agua pluvial que se puede captar con la precipitación media anual de Tabasco con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se retoma la tabla de la cantidad de agua necesaria para abastecer a la vivienda al mes por cada

consumo y se agrega el gasto eficiente que no se tenia contemplado en la tabla anterior.

Med mex	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
min	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
med	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
max	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236	41236
efi	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052	8052

Tabla. 30.- Cantidad mensual de agua necesaria para abastecer una vivienda modular para cuatro habitantes, con diferentes consumos. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Nuevamente para obtener el deficit de suministro, al consumo necesario mensual, se le resta la cantidad de precipitación pluvial captada por la superficie necesaria para abastecer la vivienda. La suma de los

superavit de los días con mayor precipitación pluvial, dará el dimensionamiento máximo del sistema almacenador de agua.

>>> 111

Consumo Minimo

Med Tab	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
min	9601.18	6605.26	4354.21	4052.98	6786	13462.46	11441.45	13774.65	20818.07	18791.58	11704.34	10378.91
Min/mes	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980	10980
Déficit	1378.82	4374.74	6625.79	6927.02	4194	2482.46	461.45	2794.65	9838.07	7811.58	724.34	-601.09

Tabla. 31.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial con la media anual del estado de Tabasco y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se presentan seis meses con un superavit (un mes más que en la precipitación media), la suma de los superavit, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre + Superavit noviembre = almacenamiento total

Por tanto:

2,482.46 ltrs + 461.45 ltrs + 2,794.65 ltrs + 9,838.07 ltrs + 7,811.58 + 724.34 ltrs = **24,112.55 ltrs = 24.113 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo mínimo, para satisfacer de agua los meses que presentan déficit durante el año, con la precipitación pluvial media mexicana, es de 24,112.55 ltrs ó 24.113 m³.

Consumo Promedio

Med Tab	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
med	20588.985	14164.47	9337.275	8691.3	14552.055	28869.21	24535.305	29538.675	44642.745	40297.095	25099.065	22256.775
Min/mes	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546	23546
Deficit	2957.02	9381.53	14208.73	14854.70	8993.95	5323.21	989.31	5992.68	21096.75	16751.10	1553.07	1289.23

Tabla. 32.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio, con base en la precipitación pluvial del estado de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

Se vuelven a registrar seis meses donde se presenta un superavit, por lo que la suma de sus cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se debe almacenar para un consumo medio.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre + Superavit noviembre= almacenamiento total

Por tanto:

5,323.21 ltrs + 989.31 ltrs + 5,992.68 ltrs +
 21,096.75 ltrs + 16,751.10 ltrs + 1,553.07 =
51,706.10 ltrs = 51.706 m³

con la precipitación pluvial máxima mexicana, es de
 99,842.68 ltrs ó 99.843 m³.

Consumo Elevado

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con
 un consumo promedio, para satisfacer los meses,

Med Tab	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.max	36055. 70	24805. 01	16351. 56	15220. 32	25483. 75	50556. 14	42966. 55	51728. 52	78178. 97	70568. 81	43953. 82	38976. 36
Min/m es	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00	41236. 00
Deficit	- 5180.3 0	- 16430. 99	- 24884. 44	- 26015. 68	- 15752. 25	9320.1 4	1730.5 5	10492. 52	36942. 97	29332. 81	2717.8 2	- 2259.6 4

Tabla. 33.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado, con base en la precipitación pluvial del estado de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

>>> 113

Se registran seis meses donde se presenta un
 superavit, por lo que, de igual forma, la suma de sus
 cantidades, dará la cantidad máxima de agua que se
 debe almacenar para un consumo elevado.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto +
 Superavit septiembre + Superavit octubre +
 Superavit noviembre = almacenamiento total

Por tanto:

9,320.14 ltrs + 1,730.55 ltrs + 10,492.52 ltrs +
 36,942.97 ltrs + 29,332.81 ltrs = **90,536.81 ltrs**
 = **90,536.81 m³**

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con
 un consumo promedio, para satisfacer los meses

donde la precipitación pluvial es la máxima mexicana Consumo Eficiente
 es de 90,536.81 ltrs ó 90.537 m³.

Med Tab	Ene Litrs.	Feb Litrs	Mar Litrs	Abr Litrs	May Litrs	Jun Litrs	Jul Litrs	Ago Litrs	Sep Litrs	Oct Litrs	Nov Litrs	Dic Litrs
R.efi	7041.8 0	4844.5 0	3193.5 2	2972.5 8	4977.0 6	9873.7 9	8391.5 1	10102.7 6	15268.6 2	13782.3 3	8584.3 3	7612.2 2
Min/mes	8052.0 0	8052.0 0	8052.0 0	8052.0 0	8052.0 0	8052.0 0	8052.0 0	8052.00	8052.00	8052.00	8052.0 0	8052.0 0
Deficit	- 1010.2 0	- 3207.5 0	- 4858.4 9	- 5079.4 2	- 3074.9 4	- 1821.7 9	- 339.51	- 2050.76	- 7216.62	- 5730.33	- 532.33	- 439.79

Tabla. 34.- Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

114 <<<

En el consumo eficiente, se registran los mismos seis meses que tienen un superavit (de junio a noviembre), de igual forma la suma de estos, dará el total del agua que se debe almacenar.

Superavit junio + Superavit julio + Superavit agosto + Superavit septiembre + Superavit octubre = almacenamiento total

Por tanto:

$$1821.79 \text{ ltrs} + 339.51 \text{ ltrs} + 2050.76 \text{ ltrs} + 7216.62 \text{ ltrs} + 5730.33 \text{ ltrs} + 532.33 \text{ ltrs} = \mathbf{17,691.33 \text{ ltrs} = 17.692 \text{ m}^3}$$

Por lo tanto la cantidad que se debe almacenar con un consumo eficiente, para satisfacer los meses donde la precipitación pluvial es menor, es de 17,691.33 ltrs ó 17.692 m³.

Se aprecia que, tomando en cuenta las tres anteriores precipitaciones de la república mexicana, el sistema de almacenamiento basado en la precipitación pluvial, es factible hasta ciertos puntos y con ciertos requerimientos, la tabla siguiente, muestra en resumen, la cantidad de superficie (metros cuadrados horizontales) que se necesita para abastecer los diferentes consumos que se

manejan en este texto, así mismo, se muestra la cantidad de litros máximos a almacenar, que regiran la dimensión del sistema arquitectónico integral de almacenamiento de agua (SAIAA).

Precipitación/consumo	Minimo	Medio	Elevado	Eficiente
Minima 176.2 mm Baja Caligornia Sur	55,874.18 ltrs	119,062.88 ltrs	209,841.76 ltrs	41,382 ltrs
	747.79 m ²	1603.60 m ²	2808.35 m ²	550 m ²
Media 773.5 mm Media anual Mexicana	46,560.47 ltrs	99,842.68 ltrs	174,849.14 ltrs	34,142.35 ltrs
	170.35 m ²	365.30 m ²	639.74 m ²	124.92 m ²
Elevada 2,405.80 mm Tabasco	24,112.55 ltrs	51,706.10 ltrs	90,536.81 ltrs	17,691.33 ltrs
	54.77 m ²	117.45 m ²	205.68 m ²	40.17 m ²

Tabla. 35.- Litros de agua máximos para almacenar y superficie de recolección necesaria, con base en un sistema de cosecha pluvial, teniendo en cuenta distintas precipitaciones. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

>>> 115

Reflexiones

Se puede apreciar que la mientras mayor cantidad de agua pluvial se pueda cosechar, la efectividad de este sistema es mayor, ya que la superficie de la vivienda será suficiente para recolectar toda el agua que se necesita, también la cantidad de agua que se debe almacenar es menor, por lo que se reducen las dimensiones del sistema de almacenamiento.

Lamentablemente, entre el estado de Tabasco y otros más de la república Mexicana, existen grandes diferencias de precipitación pluvial, por lo que no en todos los estados es altamente factible, ya que, se tendría que ampliar el área de captación y aumentar el sistema de almacenamiento o se tendría que recurrir a otras fuentes de agua.

Para poder lograr la efectividad de este sistema, se deben de abordar con distintas estrategias, los múltiples puntos debiles que presenta este modelo de gestión con base en la captación de agua pluvial, a continuación se mencionan las debilidades que se encontrarón al término de este analisis.

- a) **Superficie de captación:** para lograr que el sistema funcione, se debe tener muy en cuenta la superficie de captación, como se ha demostrado anteriormente, dependiendo la precipitación pluvial, la superficie puede aumentar o disminuir. En el desarrollo anterior, se mostró, que solo con la precipitación media del estado de Tabasco, la superficie estimada para la vivienda modular de cuatro habitantes de 50 m², es suficiente para cumplir con el consumo eficiente y se acerca al consumo minimo, por lo que, para los otros consumos, se necesita un gran aumento de la superficie de captación. Por lo tanto es más factible abordar y contrarrestar el siguiente punto debil, el consumo.
- b) **Consumo:** el consumo de la vivienda, es el factor más importante que se debe tener en cuenta para la creación de un sistema de este tipo, ya que este rige tanto la superficie de captación, como el dimensionamiento del sistema almacenador. En este desarrollo, se tomaron cuatro tipos de consumo denominados; minimo (90 ltrs), medio (150 ltrs), el elevado (338 litros) y el eficiente (66 litros); se demostró que entre menor era la precipitación pluvial y el consumo era mayor, el sistema perdía factibilidad y aumentaba la cantidad de agua para almacenar; lo contrario sucedió cuando, existía una precipitación pluvial mayor y el consumo era el menor, ya que, el sistema se hacía factible totalmente.
- c) **Precipitación pluvial:** para abastecer a la vivienda con agua durante todo el año, la precipitación pluvial es muy importante, ya que si ésta es baja, el sistema se vuelve poco efectivo como se comprobó en el caso de

Baja California Sur, por tanto, se necesita recurrir a otra fuente de agua o ampliar la superficie de captación.

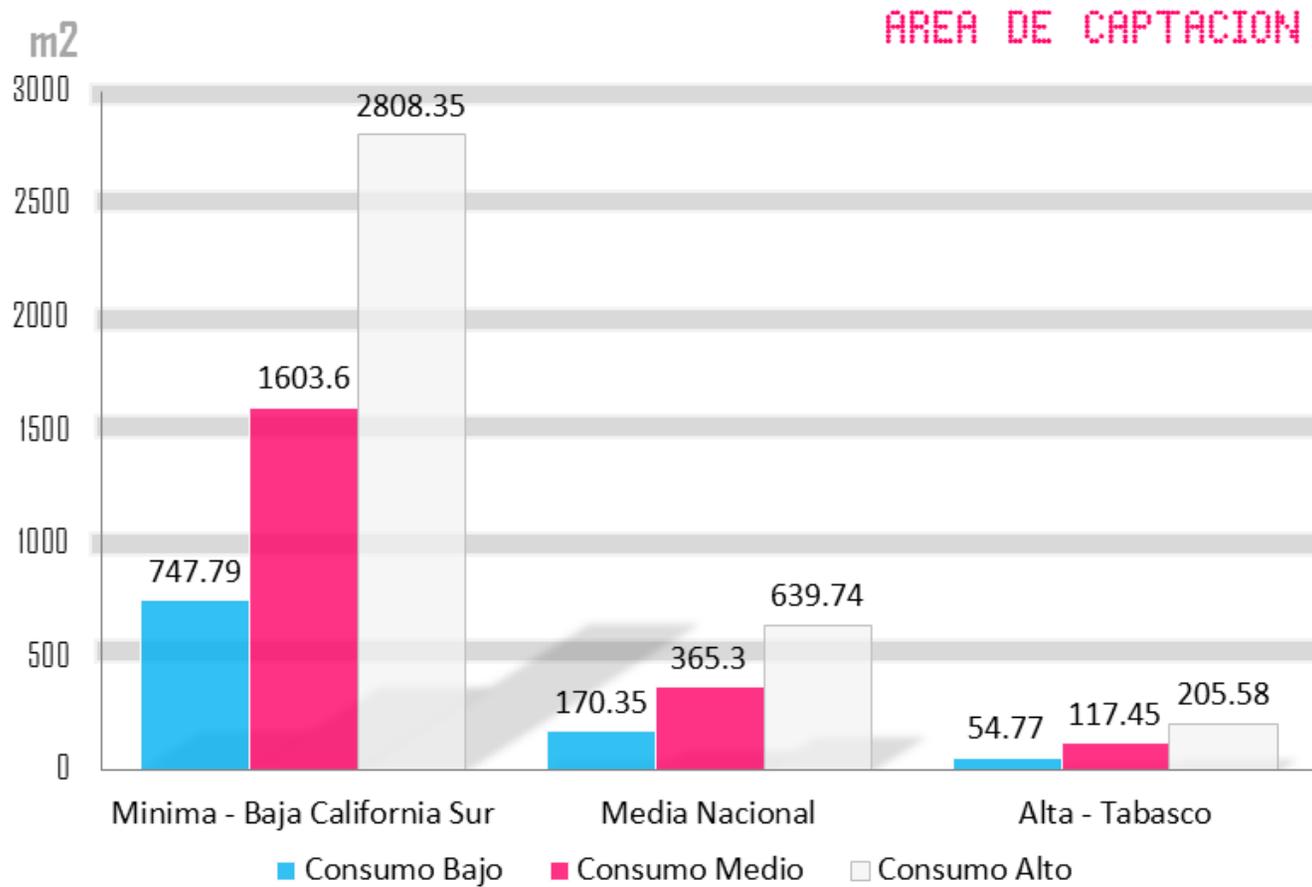
- d) **Habitantes:** tomar en cuenta esta variable es muy importante, ya que de misma forma, rige la cantidad de agua que se consumirá. Además la finalidad de éste sistema, es otorgar una dotación constante de agua a los usuarios. Si bien, con un menor número de usuario se disminuirá el consumo, está es una variable que no podemos manejar arquitectónicamente y más bien, tendremos que utilizar todos los recursos que esten a nuestra disposición para garantizar una buena calidad de vida a las personas.

Por lo que finalmente se puede concluir que, se necesita reducir al mínimo el consumo de agua en una vivienda, ya que esto hará que se haga factible el uso de este sistema en precipitaciones pluviales más variadas, además al reducir el consumo de agua, se

fomenta una mejor educación respecto a esta, ya que si se tratará de resolver el problema aumentando la superficie de captación, se propiciaría la mala utilización del líquido.



Imagen 21.- Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.



>>> 119

Imagen 22 . -Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

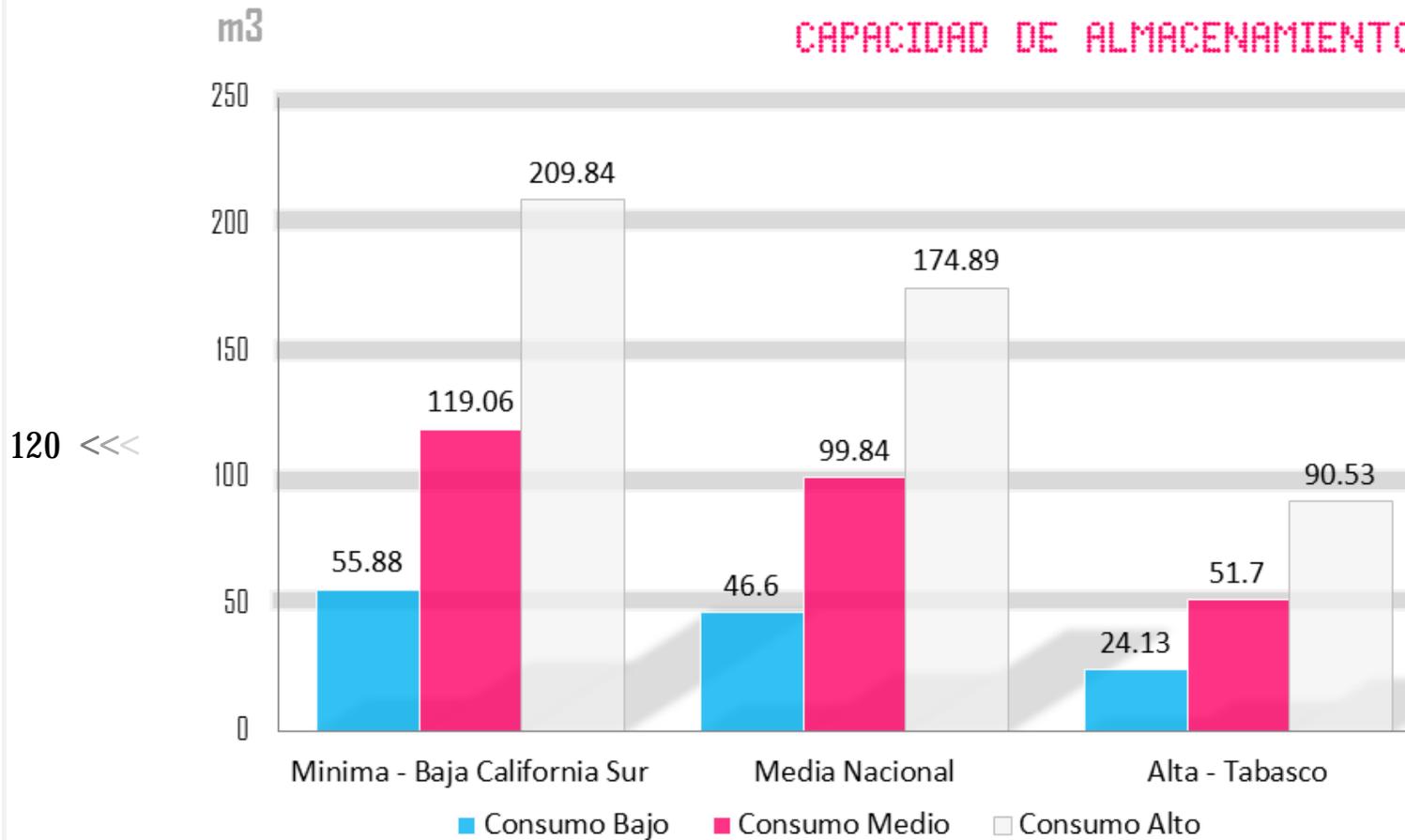


Imagen 23. -Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.

.arquitectura del agua:



aplicación de un modelo de gestión hídrica



>>> 121

c5. ARQUITECTURA DEL AGUA: APLICACIÓN DE UN MODELO DE GESTION

“...Y en ese momento sintió el anhelo, oscuro y poderoso, de una música inmensa, de un ruido absoluto, un bullicio hermoso y alegre que lo abrace, lo inunde y lo ensordezca todo y en el que desaparezca para siempre el dolor, la vanidad y el nihilismo de palabras. ¡La música, la negación de las frases, la música, la anti-palabra!...”
[Kundera; 1985].

De la misma forma, un modelo de gestión de agua para la arquitectura, pretende ser el antídoto de la problemática de agua en la arquitectura.

122 <<<

En este capítulo se implementa todos los conocimientos acumulados de los temas tratados anteriormente y se aplican en un caso particular de estudio. El objeto de este análisis es comprobar la factibilidad de un modelo de gestión de agua en una vivienda.

Se eligió la ciudad de Chilpancingo, Guerrero, en México, para implementar la aplicación, debido a que

el Estado de Guerrero es uno de los tres estados mexicanos con mayor rezago social y desarrollo humano y el primer lugar con un mayor grado de marginación⁴⁷; en el presente documento, este tipo de arquitectura está proyectada principalmente para contrarrestar la falta de servicios de agua potable y

⁴⁷ SEMARNAT. (2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

alcantarillado en comunidades o zonas donde no se disponga de ellos.

Específicamente se escogió la ciudad de Chilpancingo, debido a la experiencia propia que se cuenta en esa localidad y también porque se dispone de la información necesaria para realizar este estudio, proporcionada por las instituciones públicas. Se evaluarán resultados en dos zonas; una de ellas cuenta con los servicios municipales y otra con ningún servicio municipal de agua potable y alcantarillado. Con el uso de estas dos zonas se pretende confrontar en las conclusiones finales la viabilidad en cada uno de los casos.

Las características geográficas que la ciudad de Chilpancingo presenta son: su localización: 17° 10' y 17° 37' de latitud norte; los meridianos 99° 23' y 100° 04' de longitud oeste; altitud de 2 600 m² y se presenta una precipitación media anual apenas encima del promedio nacional con 863.1 mm.⁴⁸

⁴⁸ Fuente: INEGI 2010

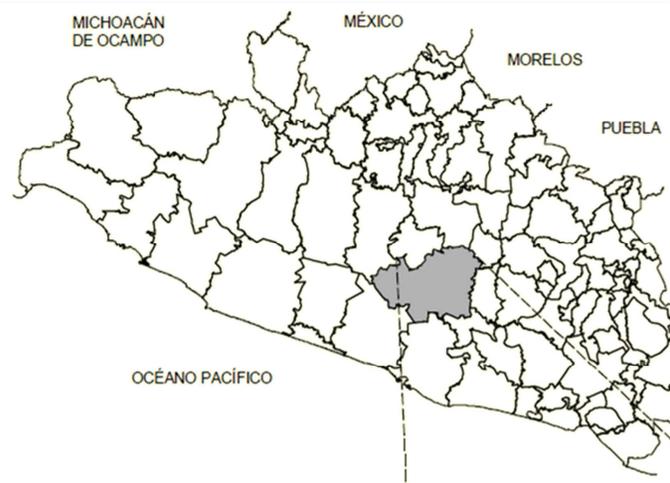
A primera instancia, empleando las tablas generadas por la metodología del capítulo cuatro, se contempla que puede ser factible la sustentabilidad hídrica de una vivienda de interés social, si se utiliza para recolectar el agua pluvial la superficie promedio del mercado inmobiliario para este sector, que es de 100.3 m², y que comúnmente es habitada por cuatro personas (véase capítulo cuatro).

En este capítulo se utiliza una vivienda con las características típicas de interés social de 85 m² de superficie, distribuida en dos niveles, por lo que la superficie máxima de cosecha de agua de lluvia es de 65 m². Para el desarrollo del ejercicio se retoma el consumo de agua recomendado por la Organización Mundial de la Salud por habitante de una vivienda al día que son 90 litros. Al término del ejercicio se encontró que desarrollando la metodología con este consumo y la superficie de 65 m² no es posible llegar a la sustentabilidad hídrica de la vivienda.

5.1. Lugar de aplicación. Chilpancingo, Guerrero

El municipio de Chilpancingo se encuentra ubicada en la zona centro del estado de Guerrero Entre los paralelos 17° 10' y 17° 37' de latitud norte; los meridianos 99° 23' y 100° 04' de longitud oeste, se encuentra a una altitud de entre 200 y 2600 metros sobre el nivel del mar en lo que se refiere a todos los poblados que lo conforman, específicamente la ciudad de Chilpancingo se encuentra localizada en la latitud 17° 33' N y 99°30' O, a una altitud de 1,260 metros sobre el nivel del mar, tiene un rango de temperaturas que oscilan entre 14°C y 28°C, por lo que se encuentra en la categoría de climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano. Las precipitaciones anuales máximas, medias y mínimas con que cuenta son: 1184.70 mm. ; 863.10 mm. y 488.70 mm. respectivamente por lo que su promedio se encuentra apenas por encima de la precipitación media nacional que son 773.50 mm anuales. Según el último censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y

Geografía en el año de 2010 -INEGI- El municipio de Chilpancingo cuenta con una población de 241,717 habitantes y 57,130 viviendas particulares con un promedio de habitantes de 4.2.



CHILPANCINGO

Imagen 24.- Localización del municipio de Chilpancingo de los Bravo. Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Reproducción con fines académicos.

5.2. Características de las zonas

Al final del documento la metodología se analizará en dos zonas localizadas en la ciudad de Chilpancingo, estas zonas cuentan con distintas características que en algunos aspectos llegan a ser contrastantes, con el fin de poder llegar a resultados con mayor validez. La primera zona se encuentra localizada en un lugar de reciente desarrollo inmobiliario, donde se han establecido centros comerciales, edificios gubernamentales y centros educativos y recreativos. Una de las cuestiones que más interesa para esta investigación es retomar que se cuenta con el servicio de agua potable, drenaje y alcantarillado público, por lo que “no es necesario” que se implemente un sistema de sustentabilidad hídrica basado en la arquitectura del agua, ya que se dispone de esta.

Cabe mencionar que debido a las fuentes que suministran el agua para dotar a la ciudad y al mal manejo que se le dan a las aguas residuales es necesario comenzar a realizar estudios donde se comience a manejar una adecuada gestión

hidrológica y así evitar futuros escenarios de dependencia hídrica externa como es el caso de la Ciudad de México.

En contraste, la segunda zona está ubicada en la periferia de la ciudad en un lugar de difícil acceso, rodeada de colonias populares y donde aún no se presenta ningún desarrollo de cualquier tipo. Esta zona no cuenta con ningún servicio público como electricidad, recolección de basura, asfaltado de sendas y tampoco y lo que influye más para este ejercicio, servicio de agua potable, drenaje y alcantarillado público. Por lo que si en esta última zona, se pretende realizar algún tipo de objeto arquitectónico, lograr la sustentabilidad hídrica, basada en la arquitectura del agua es fundamental, además de que en este tipo de situaciones tiene mayor factibilidad. En las conclusiones finales se retomará el uso de estas dos zonas para confrontar la factibilidad económica de la inversión de organismos públicos del sector agua en las zonas donde ya existe dotación de agua potable, contra las inversiones particulares que se tendrían que realizar

aplicando el modelo de gestión de agua en la arquitectura.

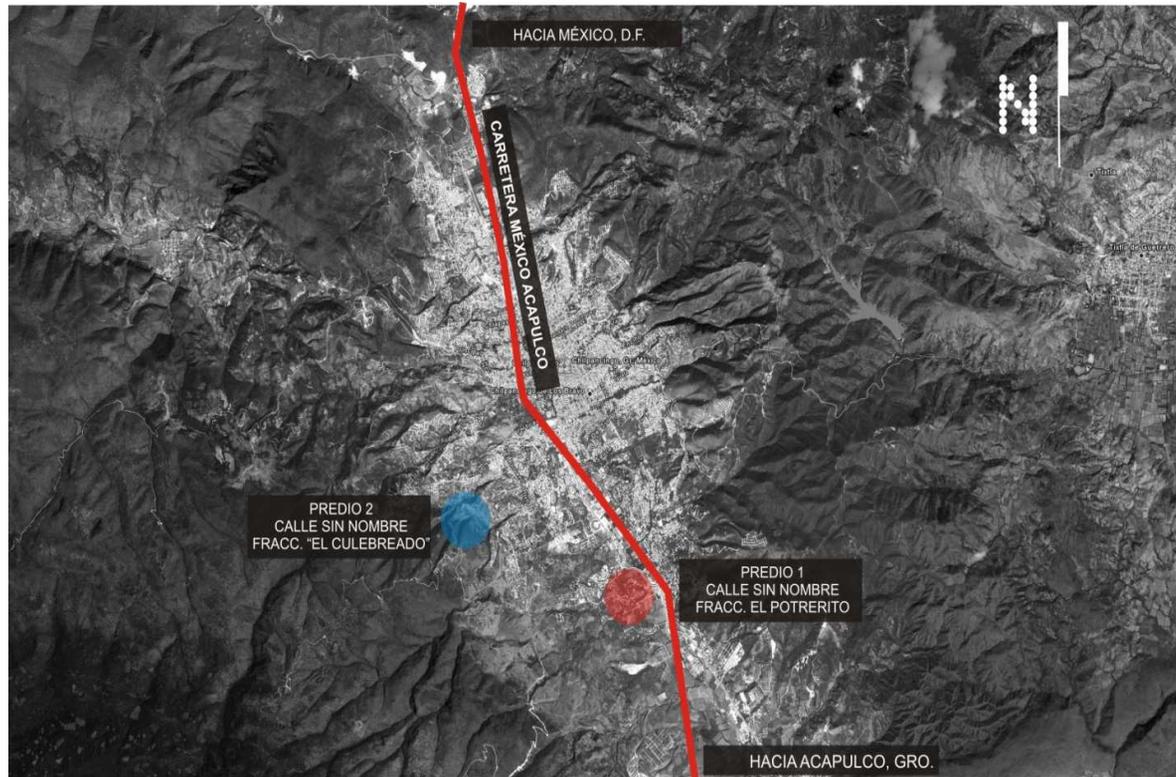


Imagen 25.-Localización de las zonas en la ciudad de Chilpancingo. Elaboración propia, derechos reservados.

5.3. Características de la vivienda

Para el desarrollo de la metodología se emplea una vivienda con capacidad para ofrecer habitabilidad a cuatro personas, a través de una superficie de 84m². La vivienda está conformada por los siguientes espacios: 1 estancia a doble altura, 1 comedor a doble altura, 1 cocina, 2 baños completos, 1 alcoba y 2 recámaras; repartidos en una superficie total de 84 m². La vivienda tiene un área total de captación de agua pluvial de 65 m².

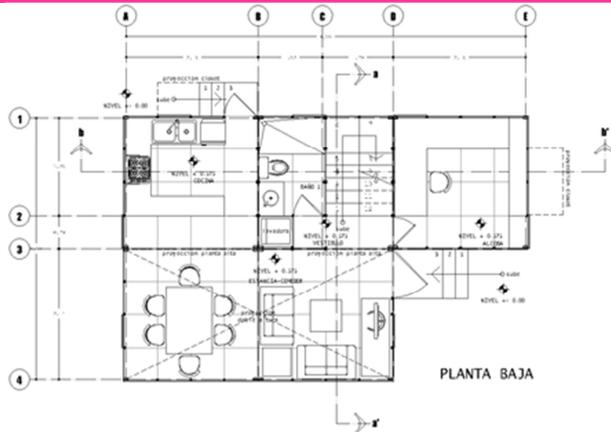


Imagen 26.- Planta baja, vivienda modular.
Elaboración propia, derechos reservados

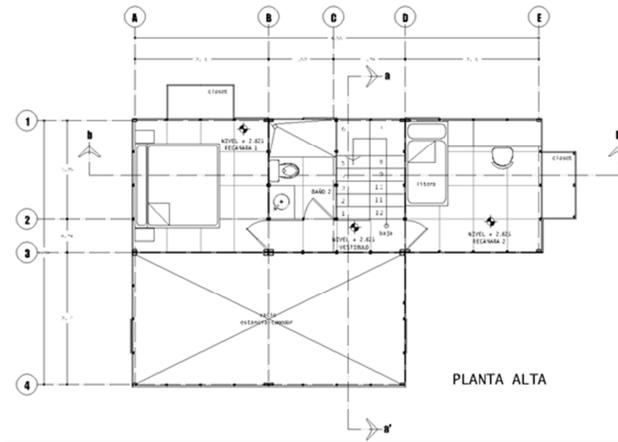


Imagen 27.- Planta alta, vivienda modular.
Elaboración propia, derechos reservados

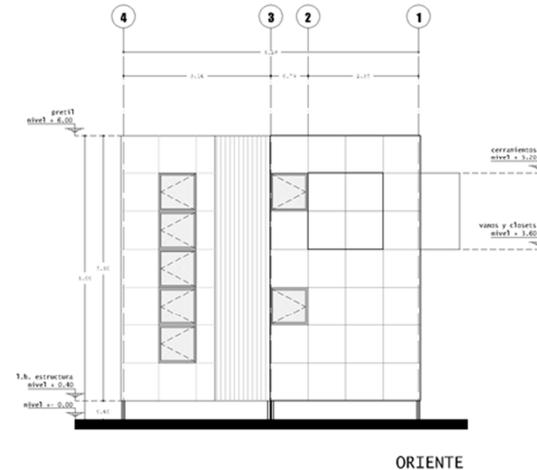
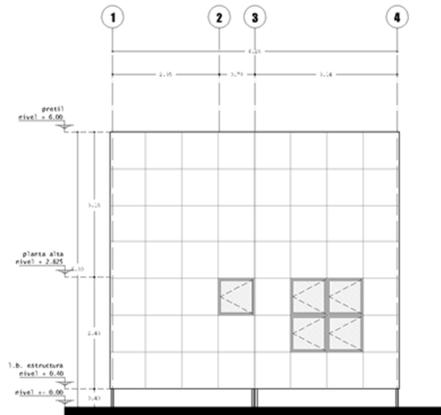


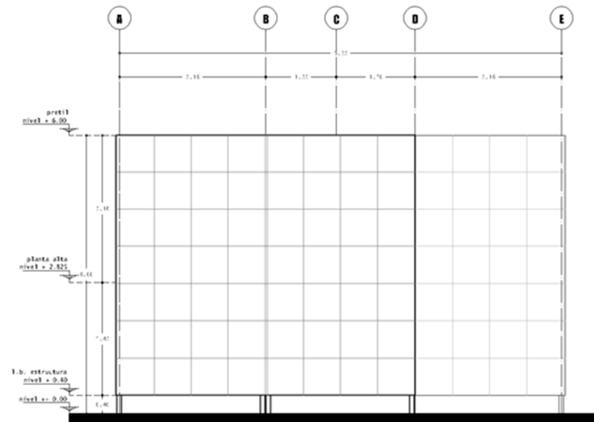
Imagen 28.- Fachada Oriente, vivienda modular.
Elaboración propia, derechos reservados

>>> 127



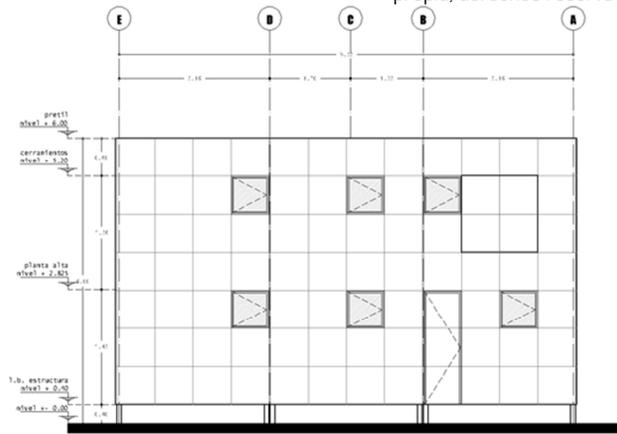
PONIENTE

Imagen 29.- Fachada Poniente, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados



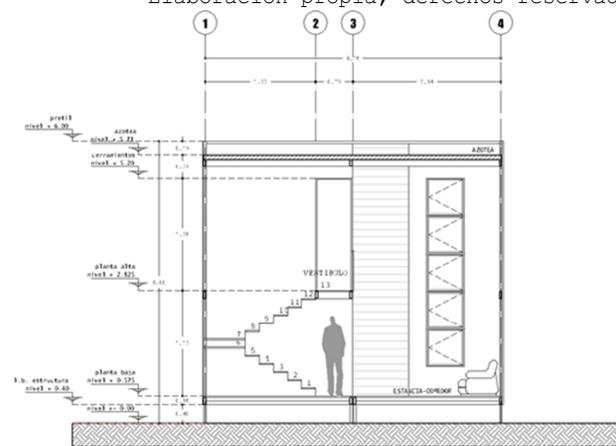
FACHADA SUR

Imagen 30.- Fachada Sur, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados



FACHADA NORTE

Imagen 31.- Fachada Norte, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados



CORTE A-A'

Imagen 32.- Corte A - A', vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados

128 <<<

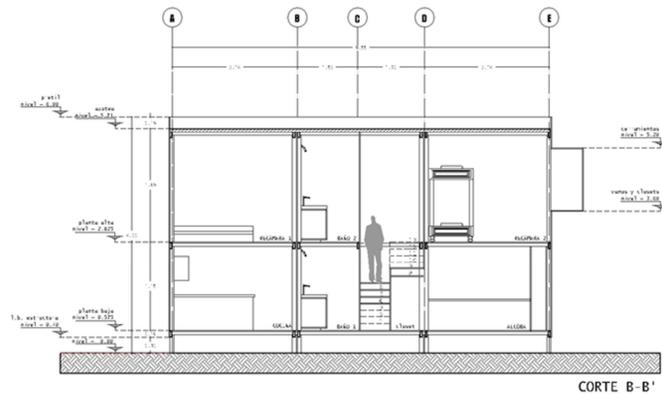


Imagen 33.- Corte B - B', vivienda modular.
Elaboración propia, derechos reservados

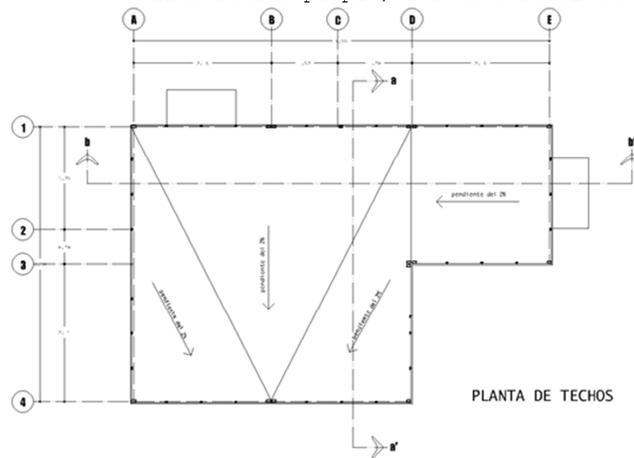


Imagen 34.- Planta de Techos, vivienda modular.
Elaboración propia, derechos reservados

5.4. Analisis pluvial

A continuación se emplea la metodología propuesta en el capítulo cuatro, para poder realizar el diseño del modelo de gestión de agua, específico de este caso de estudio.

Primero se retoman los datos recabados de la precipitación pluvial registrada en la zona, los cuales se pueden generalizar en tres, precipitación pluvial mínima registrada, precipitación pluvial media registrada y precipitación pluvial máxima registrada. El modelo de gestión de agua, se realiza en base a la precipitación pluvial media, debido a que este sistema es la única fuente de abastecimiento de agua hacia la vivienda, se debe estar preparado para contrarrestar una temporada con pocas lluvias.

Aunque todos los elementos de los que depende el sistema se deben de atender con la misma importancia, la precipitación pluvial es el factor más importante para realizar el diseño de este sistema sustentable de agua en la vivienda, ya que será el

parámetro que rija en mayor medida las dimensiones del sistema almacenador y va a reñir el comportamiento de los usos que se le dé al agua, debido a que es el único elemento que no podemos manipular arquitectónicamente. Por tanto tenemos que poner énfasis y analizar cuidadosamente de la

cantidad de lluvia que nos puede proveer la naturaleza.

Para la ciudad de Chilpancingo se encontró que las precipitaciones pluviales medias registradas desde 1969 hasta 1999(que son las últimas publicadas), son las siguientes:

Tipo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Media (mm)	13.4	4.8	4.1	10.4	53.8	165.7	180.5	155.1	169.8	85.1	16.7	3.7	863.1

Tabla. 36.- Precipitaciones pluviales medias registradas en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados

Estas cantidades nos servirán como parámetro para identificar cuánta agua de lluvia podemos cosechar con la superficie de la vivienda y ver si esa superficie es suficiente.

5.5. Factibilidad del sistema con un consumo de agua mínimo

Se realizará la factibilidad del sistema basado en la cosecha de agua pluvial utilizando un consumo mínimo, esto se hace debido a que se ha mencionado

constantemente la importancia que tiene el ahorro de agua dentro de un entorno arquitectónico, además se han mostrado distintas estrategias, técnicas y productos tecnológicos que se puede aplicar para hacer más eficiente el uso del líquido. Por esa razón se toma el consumo nombrado –mínimo- presentado en el desarrollo de la metodología en el capítulo cuatro, establecido por la Organización Mundial de la Salud, que es de 90 litros de agua por habitante al día. Una vez conociendo el consumo de agua que se

implementará para observar la factibilidad del sistema, se procede a realizar los cálculos correspondientes para conocer la cantidad de agua necesaria por mes para este consumo.

Consumo por los cuatro habitantes al día:

$$4 \text{ habitantes} \times 90 \text{ litros al día} = 360 \text{ litros}$$

Se Debe tener en cuenta que se pueden recibir visitas de distintas personas en la vivienda por lo que

se agrega un factor del 5% de la cantidad consumida por toda la familia al día.

$$360 \text{ litros} \times 1.05 = 378 \text{ litros al día}$$

En la Siguiete tabla se realiza el cálculo de la cantidad necesaria de agua, tomando en cuenta la cantidad de 368 litros que se gasta al día por toda la familia y posibles visitantes, y los días que presenta cada mes.

378 l/d	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366
Consumo	11718	10962	11718	11340	11718	11340	11718	11718	11340	11718	11340	11718	138348

Tabla. 37.- Precipitaciones pluviales registradas en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados

Ahora se dispone a calcular cuál es la superficie requerida para poder recolectar el agua pluvial que se necesita, para esto se utiliza la precipitación promedio total anual y la cantidad total de agua que se necesitará para abastecer la vivienda durante un año que se multiplica por un coeficiente del 10% por perdidas de evaporación, fugas y algunas otras

complicaciones que se presentan durante la cosecha, por lo que se tiene lo siguiente.

$$\text{Consumo total anual } 138,343.00 \text{ litros}$$

Captación anual total necesaria incluyendo pérdidas:

$$138,343.00 \text{ litros} \times 1.10 = 152,177.30 \text{ litros}$$

Por lo que se requiere una capacidad de recolección de 152,177.30 litros a lo largo de todo el año.

Se continua a calcular la superficie necesaria para poder cosechar los 152,177.30 litros de agua pluvial, para eso simplemente basta con dividir la cantidad de litros que se pueden recolectar en un año, entre el total que se puede cosechar por 1m^2 de superficie con la precipitación pluvial que se dispone.

Precipitación pluvial = 863.10 mm al año

Cantidad de agua recolectada por 1m^2 de superficie

$$863.10 \text{ mm} \times 1\text{m}^2 = 863.10 \text{ litros}/\text{m}^2$$

$$152,177.30 \text{ litros} / 863.10 \text{ litros}/\text{m}^2 = 176 \text{ m}^2$$

Por lo que se requiere una superficie de 176 m^2 para poder obtener el agua suficiente y así garantizar el abasto del líquido durante todo el año.

La vivienda que se utiliza para este ejercicio, tiene una superficie máxima para recolección de agua

pluvial de 65m^2 , por lo que no sería suficiente por sí misma para captar todo el líquido que se necesita. Por esta razón se puede elegir entre las dos opciones más viables que se encuentran, para poder enfrentar la necesidad de agua.

Opción A.- Aumentar la superficie de captación de agua pluvial. Con esto se logra cosechar el agua necesaria para abastecer a la vivienda, utilizando el consumo de 90 litros por habitante al día. Para poder implementar esta alternativa: se debe de contar con un predio que permita emplazar elementos que aumenten el área de captación pluvial, sin tener que sacrificar jardines o espacios donde se necesita que haya iluminación natural, tales como cubos de iluminación y ventilación; se debe tener en cuenta que al aumentar el área de construcción, se reduce el área vegetativa y libre por lo que además de lidiar con los reglamentos de construcciones acerca del uso de suelo, se está aumentando la temperatura global al no tener vegetación que amortigüe la radiación solar, también se está reduciendo el área natural permeable de la que se dispone evitando la recarga

de los mantos freáticos, se está aumentando el costo de la construcción y en medida desaprovechando el área del predio de la cual se dispone; por último se está fomentando el mayor consumo de agua y por tanto reduciendo su disponibilidad. Cabe mencionar que aumentar un porcentaje hasta de 20% de superficie de recolección puede ser útil arquitectónicamente y también puede ser aprovechada para otros aspectos, pero triplicar la superficie de cosecha, para lograr la dotación de agua en la vivienda aquí utilizada y básicamente en cualquier otra de interés social, no es factible, ni espacialmente, ni económicamente, debido en ocasiones a los altos precios de los predios, sumando el costo de los elementos recolectores de lluvia.

Por las cuestiones planteadas, se considera para este ejercicio una inviabilidad de utilizar la opción "A", también debido a que a lo largo de esta investigación, se menciona la importancia que tiene lograr la eficiencia del agua y ser parte integral del ciclo hídrico, por lo tanto plantearemos la opción "B".

Opción B.- Aplicar un modelo de gestión de agua. La aplicación de la arquitectura del agua para este ejercicio, consistiría en aplicar estrategias, técnicas y productos tecnológicos, orientados al mayor aprovechamiento del agua. Con lo anterior, se pretende lograr: la reducción del consumo, fomentando la eficiencia del agua. Cabe señalar que el implementar la arquitectura del agua, aumenta los costos iniciales de una vivienda, Por esta razón se investigará el costo de aplicar este modelo de gestión y en las conclusiones finales se analizará su factibilidad económica al compáralo con las inversiones que realizan los organismos publicados encargados de dotar con agua potable a los habitantes de un centro urbano.



Imagen 35.- Opciones para garantizar el abasto de agua en una vivienda. Elaboración propia. Derechos reservados

5.6. Modelo de gestión de agua para una vivienda

Como se ha visto anteriormente a lo largo de este documento, el arquitecto debe tener una participación adecuada dentro de la gestión integral del agua, esto logrado a través del diseño arquitectónico, que es la forma de manejar su propia gestión, en este capítulo se analiza el caso de una vivienda y su sustentabilidad hídrica con base a la cosecha de agua pluvial.

Debido a que desde el principio de esta investigación se ha hecho énfasis en la importancia que es integrar a la arquitectura como parte del ciclo natural del agua, para evitar la contaminación y la sobreexplotación de los mantos acuíferos que abastecen de agua a las ciudades, es por eso que el génesis del modelo de gestión de agua que se aplicará está basado en el funcionamiento de un árbol, es decir: Al existir una precipitación pluvial, el árbol retiene el agua evitando la erosión y utiliza la que necesita, dejando que el agua que no sea utilizada, se evapore o se infiltre al suelo, elaborando así un ciclo

hidrológico; de esta misma forma se tratara de integrar al objeto arquitectónico con su medio ambiente.

Es así que la intención de este modelo de gestión, es lograr que el objeto arquitectónico sea capaz de satisfacer sus necesidades hídricas y las de los usuarios, sin necesidad de recurrir a fuentes de agua artificiales; por esta razón se captará el agua pluvial; se utilizará al máximo la que sea necesaria para poder otorgar una dotación constante; se dejará evaporar o infiltrarse al suelo la que no sea necesaria; al igual que la que ya haya cumplido sus funciones dentro del objeto arquitectónico, que se depurará y se regresará para que continúe su ciclo hídrico. Es decir, se pretende integrar al objeto arquitectónico al ciclo natural del agua para poder lograr una sustentabilidad hídrica, donde no existan repercusiones ecológicas, ni sociales, gracias a una buena gestión de agua.



>>> 135

Imagen 36.- Funcionamiento de un árbol y de la arquitectura en el ciclo hidrológico,
Fuente: Propia, Derechos Reservados.

Para poder lograr la sustentabilidad hídrica, como se ha visto en el capítulo 4, es necesario incrementar la eficiencia del agua dentro de un edificio, en este caso una vivienda; para ello se requiere realizar un plan de gestión del agua, por lo tanto, se debe conocer el consumo de agua que se realiza dentro del edificio, así como los productos y actividades donde se

realiza, para poder intervenir con las estrategias más adecuadas.

Para desarrollar este plan de gestión de agua, se contemplan seis etapas, las primeras cuatro se verán en este apartado, la quinta del almacenamiento se analizará en el capítulo 6, y finalmente la sexta el análisis de costos se verá en las conclusiones finales:

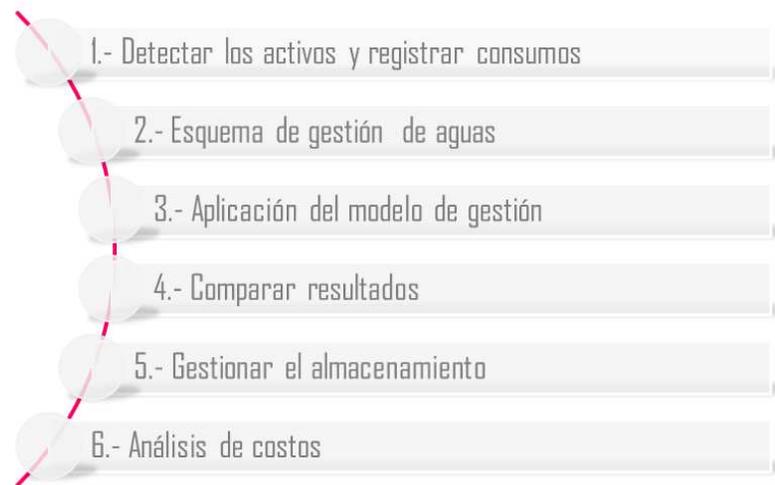


Imagen 37.- Etapas de la gestión de agua en la vivienda,
Fuente: Propia, Derechos Reservados.

En la etapa número uno, se comienza enlistando todos los mobiliarios y actividades, donde se efectúa un gasto de agua y se registra cual es el consumo que se presentaría habitualmente.

En la segunda etapa, se realiza un esquema de gestión de agua y se clasifica dependiendo su uso, es decir debido a la calidad del agua residual que proviene de las distintas actividades, se establece cual puede ser reutilizada en otra actividad; por lo que se van estableciendo aguas de primer uso, segundo uso y así sucesivamente hasta llegar a los procesos naturales de filtración al subsuelo y evaporación.

Una vez conociendo los tipos de agua que se pueden utilizar para cada activo, en la tercera etapa, se procede a escoger las estrategias, técnicas y productos tecnológicos, que permitan lograr un menor consumo y la reutilización del agua.

Implementadas las estrategias, en la cuarta fase, se realiza una tabla donde se mencionan los consumos resultantes (con mediciones subjetivas según los fabricantes y mediciones de campo), para

poder establecer el consumo generado después de la aplicación de la arquitectura del agua; el consumo más importante será el registrado para el agua de primer uso, ya que este es el que se tiene que recolectar; por lo que se observará si es suficiente el área de captación. Posteriormente se comparan los consumos registrados al comienzo y los resultantes después de haber aplicado el modelo de gestión.

Sucesivamente en el capítulo 6, se procede a calcular el agua que se necesita almacenar, durante todo el año; para poder lograr este almacenamiento se aplica el uso de un prototipo multifuncional de almacenamiento de agua, que logra cubrir las necesidades de: división espacial y almacenamiento de agua, reduciendo el costo del sistema almacenador al desarrollar dos funciones en la vivienda.

En las conclusiones finales, se genera el presupuesto resultado de las estrategias aplicadas para comprobar la factibilidad de la Arquitectura del Agua, para este caso a una vivienda de interés social.

5.6.1. Detección de activos y registro de consumos



cuenta con cuatro tipos de usuario: La madre, el Padre, una hija y un hijo.

Para iniciar la gestión hídrica en un edificio, primero se deben identificar los mobiliarios, usos y actividades, que requieren del agua para su funcionamiento, a los cuales llamaremos “activos”.

Una vez identificados los activos, se puede realizar un estudio de campo, a través de mediciones, para identificar la cantidad de agua que consume cada activo y el tipo de usuario que lo utiliza; o también se puede realizar una medición virtual, utilizando los consumos establecidos por los fabricantes y/o patrones estándares. La segunda opción será utilizada en este caso debido a cuestiones prácticas de la propia investigación.

Una vez realizado lo anterior, se genera una tabla resumen para contemplar de forma clara la información recabada, ya que posteriormente servirá para aplicar estrategias de eficiencia de agua a los activos que lo necesiten, así como para comparar los consumos que existen antes de aplicar la arquitectura del agua, con los que se generen posteriormente.

En el caso de la vivienda utilizada, se identifican un número total de 12 activos y se agrega otro que contempla cuestiones que generalmente no están tan definidas como: fugas, pérdidas por evaporación, etc. Haciendo un total de 13 activos, Paralelamente se

CONSUMO HABITUAL DE AGUA PARA UNA VIVIENDA DE CUATRO HABITANTES

Consumo	HIJA		MADRE		PADRE		HIJO		TOTAL	
	moderado	desmoderado								
Bebidas	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3	10	12
Preparacion de alimentos	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3	10	12
Regadera	60	100	60	100	60	100	60	100	240	400
Lavabo	10	15	10	15	10	15	10	15	40	60
Lavavajillas	10	15	10	15	10	15	10	15	40	60
Fregadero	10	15	10	15	10	15	10	15	40	60
Planchado	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	2	4
Limpieza de vivienda	1	2	1	2	1	2	1	2	4	8
Lavadora	10	15	10	15	10	15	10	15	40	60
W.C.	15	21	15	21	12	18	12	18	54	78
Lavado de automovil	9	18	9	18	9	18	9	18	36	72
Riego de vegetación	5	10	5	10	5	10	5	10	20	40
Otros	3	5	3	5	3	5	3	5	12	20
TOTAL									548	886
TOTAL PROMEDIO									717	

>>> 139

Tabla 38.- Consumos diarios habituales de agua en una vivienda de cuatro habitantes. Para realizar el cálculo se tomaron en cuenta mediciones de mobiliario y frecuencia de uso y tiempo promedio de las personas, se utilizan estos mismos parámetros de medición para el ejercicio de la aplicación de la Arquitectura del Agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

5.6.2. Gestión de los tipos de agua

Realizada la identificación de los activos, se desarrolla un diagrama donde se colocan todos los activos, pero en secuencia del tipo de agua que necesitan para su funcionamiento.

El tipo de agua, se refiere a la calidad y el uso o los usos que se le ha dado anteriormente y se van categorizando por primer uso, segundo uso y así sucesivamente. Definir este tipo de situación es un paso clave para lograr una adecuada gestión hídrica en la arquitectura, ya que, en muchos activos, el tipo de agua que se utiliza puede ser un agua reciclada, es decir, de segundo uso en adelante.

Se identifican los activos que necesitan agua de primer uso, que en este caso, se refiere al agua pluvial recolectada (y tratada según se el caso), se clasifican por categorías y se coloca al final de la tabla el tipo de agua residual que resulta o si el agua utilizada se evapora o infiltra al subsuelo:

Alimentación	Aseo y Limpieza	Otros
Bebidas	Regadera	Planchado
Preparación de alimentos	Lavabo	Otros
	Lavavajillas	
	Fregadero	
Aguas negras	Aguas jabonosas	Evaporación

Tabla 39.- Activos que emplean agua de primer uso. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se identifican cuáles son los activos que pueden trabajar utilizando un agua derivada de los activos del segundo uso, aplicando algún tipo de filtrado o tratamiento:

Aseo y limpieza
Limpieza de la vivienda
Lavadora
W.C.
Aguas negras, Aguas Jabonosas y Evaporación

Tabla 40.- Activos que puedan emplear agua de segundo uso. Fuente: Elaboración propia

Sucesivamente se siguen identificando los activos de acuerdo al tipo de agua que pueden utilizar, en este caso el último tipo de agua es la de tercer uso:

Aseo y Limpieza	Riego
Lavado del automóvil	Riego de vegetación
Evaporación y filtración	Evaporación y filtración

Tabla 41.- Activos que pueden emplear agua de tercer uso. Fuente: Elaboración propia

Identificar el tipo de agua que puede utilizar cada activo, ayuda a reducir el consumo de agua de primer uso, por lo cual logra que se necesite una menor superficie de captación pluvial y logra aprovechar al máximo el agua disponible, haciendo que sea factible la sustentabilidad hídrica en situaciones un tanto difíciles.

Una vez clasificados los activos según el tipo de agua, se elabora un esquema donde se pueda comprender mejor como se reutiliza el agua de los diversos tipos, así también se indica en que procesos se requiere un tratamiento del agua residual para volverla a utilizar, esto ayudará a definir mejor las estrategias que se tienen que implementar para lograr esta gestión.

El diagrama que se presenta a continuación de forma circular, parte con el agua de primer uso desde su centro (agua pluvial) y se va subdividiendo según la clasificación de los activos, además se indica que tipo de agua residual es la que surge de su uso y si se necesita de algún tratamiento (marcado con líneas rojas) para la utilización posterior. Por último (con líneas amarillas) muestra el fin del uso del agua en la vivienda, lo cual se refiere a la evaporación o filtración al suelo.

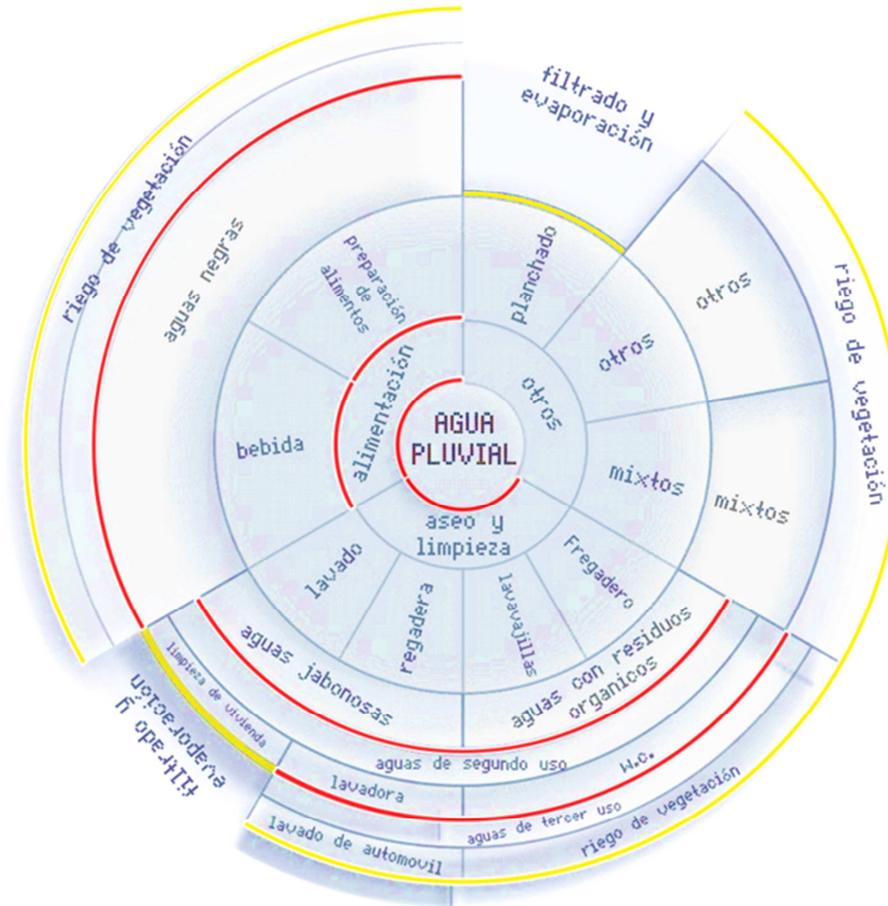


Imagen 38.- Esquema bidimensional de gestión del agua en la vivienda.
Fuente: Elaboración propia.

Además del máximo aprovechamiento del recurso agua que se pretende lograr con esta gestión, se busca que la arquitectura sea parte integral del ciclo del agua, lo cual se puede apreciar si se observa con mayor detenimiento el esquema anterior, pero para su adecuada comprobación es necesario que el

esquema circular bidimensional se desarrolle tridimensionalmente, lo cual, genera una mejor perspectiva de cómo se maneja el recurso desde que se realiza la cosecha pluvial, se utiliza en toda la vivienda y se infiltra al subsuelo o se evapora.



>>> 143

Imagen 39.- Esquema tridimensional de gestión de aguas en la vivienda. Fuente: Elaboración propia.

5.6.3. Aplicación del modelo de gestión ■

Al completar los pasos anteriores, tendremos los datos necesarios para poder desarrollar esta etapa, la cual consta primero; de que a partir de la identificación de los activos y sus consumos habituales, se puedan identificar: estrategias, técnicas y productos tecnológicos; capaces de lograr la mayor eficiencia de agua en esos activos, lo que resultará en la generación de un menor consumo de agua, posteriormente al conocer que tipo de agua puede utilizar cada activo, se puede saber qué clase de elemento ayudará a filtrar o tratar el agua para que se pueda ser usada por los distintos activos.

En orden de uso se colocan en una tabla cada estrategia, una breve descripción de esta y su capacidad y el consumo que resultará una vez implementada en el activo. Por lo tanto la primera estrategia que se implementará será la encargada de filtrar el agua de lluvia, para que se pueda almacenar para su uso en todo el año, por lo tanto el tipo de almacenamiento de agua será la segunda estrategia.

Para utilizar el agua pluvial para la preparación de alimentos e ingerirla como bebida, se necesita un filtro purificador el cual otorgará la calidad adecuada al agua para ingerirla. Continuando se aplicarán tecnologías de reducción de consumo para los activos de primer uso, fregaderos, lavabos y regaderas, después se utilizará una trampa de grasas y un filtro para que trate el agua residual de los activos de primer uso y se propondrá mobiliario que permite reducir el uso del agua para realizar las actividades de los siguientes activos, así se investigan lavadoras, escusados y mingitorios; después se utiliza otro filtro para tratar el agua que se utilizará en el riego de vegetación y que filtre el agua no utilizada en el suelo. Con lo anterior se conoce a través de qué medios se puede lograr una adecuada gestión hídrica dentro de la vivienda.

ESTRATEGIAS, TÉCNICAS Y TECNOLOGÍAS

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	CONSUMO - CAPACIDAD
AGUA PLUVIAL (PRIMER USO)		
FILTRO	FILTRO DE BAJANTE T50 Primer filtro utilizado para separar los objetos solidos y sedimentos del agua recolectada por las superficies de la vivienda, superficie máxima recomendada 100m2.	superficies de hasta 100m2
FILTRO	FILTRO DE OSMOSIS INVERSA - AQUAPURIFICACIÓN Filtro de purificación de agua, que cuenta con distintos sistemas de filtrado por lo que lo hace excelente para el consumo como bebida y para la preparación de alimentos	Viviendas de hasta 5 habitantes
PERLIZADOR	PERLIZADOR PCAS1- AGUA SOSTENIBLE Este perlizador permite reducir el consumo de agua de una llave hasta a 1.5 litros por minuto, se utiliza uno por cada llave que se utilice para un lavado	1.5 litros por minuto

REGADERA



REGADERA Q2 - QUEEN SHOWER

Esta sistema se vende integral, pero también se puede fabricar un sistema similar por cuenta propia, para así poder disminuir el costo, ya que este producto tiene un precio elevado.

16 litros

AGUA JABONOSA Y CON DESECHOS ORGÁNICOS (SEGUNDO USO)

FILTRO



TRAMPA DE GRASAS TGP400 - ECODYSA

Este elemento separa las grasas provenientes de aceites, jabones y productos organicos, lo que deja el agua sin ninguno de estos residuos

400 litros

FILTRO



ODIS OPTIMUS

Este sistema es de los más efectivos que existen para volver a utilizar el agua jabonosa dentro de un edificio. Con una sola vivienda no se aprovecha al máximo.

5% de consumo del agua tratada

>>> 145

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

<p>MOBILIARIO</p> 	<p>LAVADORA WFW97HEXL - WHIRLPOOL</p> <p>Lavadora con última tecnología de ahorro de agua, con medición automática de agua y función de reciclaje</p>	<p>Nivelación automática de agua y función de reciclado de agua</p>
<p>MOBILIARIO</p> 	<p>WC W+W - ROCA</p> <p>Este es un mobiliario sanitario que integra el lavabo y el escusado para utilizar el agua residual del primero en el segundo. Debido a que es un modelo de diseñador es muy costoso, pero se pueden hacer diseños personalizados con menos</p>	<p>Descargas de 3 y 5 litros</p>
<p>MOBILIARIO</p> 	<p>PERFECT FLUSH - BRONDELL</p> <p>Sistema que se puede adaptar a los cualquier W.C. para regular la descarga de agua.</p>	<p>Descargas de 3-5 litros</p>

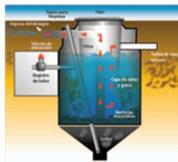
<p>MOBILIARIO</p> 	<p>MINGITORIO CP-5001</p> <p>Mingitorio que no requiere el uso de agua para su funcionamiento, el uso de este mobiliario reduce la cantidad de agua utilizado en un sanitario.</p>	<p>0</p>
<p>AGUAS NEGRAS Y JABONOSAS (TERCER USO)</p>		
<p>FILTRO</p> 	<p>BIODIGESTOR -ROTOPLAS</p> <p>Este es el último filtro de agua que tiene, proporcionará agua apta para el riego de vegetación e infiltrará el agua que no sea utilizada sin ningún tipo de daño al subsuelo.</p>	<p>600 litros</p>
<p>RIEGO</p> 	<p>MINGITORIO CP-5001</p> <p>Sistema de riego por goteo que contiene todos los elementos necesarios para instalarse en cualquier lugar que cuente con una toma de agua y un jardín</p>	<p>variable</p>

Tabla 42.- Estrategias, técnicas y tecnologías a aplicar para la reducción del consumo de agua en la vivienda. Elaboración propia. Derechos reservados.

5.6.4. Comparación de resultados

Uno de los motivos de la implementación de estrategias, técnicas y productos tecnológicos en la vivienda, es lograr la máxima eficiencia de agua, con esto se refiere a ahorrar la mayor cantidad del líquido posible. Los pasos anteriormente desarrollados hacen factible que ahora se pueda conocer cuál es la cantidad de agua que se economiza al implementar todas las estrategias en los activos identificados en la vivienda.

Para saber esto se retoma la tabla de los consumos habituales presentados en la vivienda, desarrollada en la etapa uno y se calculan los consumos que resultarán una vez implementadas las estrategias.

Para explicar este método de forma más clara, se realiza el ejercicio con el activo “regadera” del modo siguiente: se enlistan en la primera fila la clasificación del usuario, en este caso son: padre, madre, hijo e hija; el activo, en este caso es la regadera; su

frecuencia de uso, puede darse ya sea por las veces que es utilizado el activo o como en este caso por los minutos que se utiliza; el consumo habitual, es el gasto de agua que normalmente se presenta en el activo sin la implementación de estrategias ; y el consumo eficiente, es el gasto que se presenta una vez implementada la estrategia, para este caso se trata de un sistema que recircula el agua y presenta un consumo máximo de 16 litros, independientemente de los minutos durante los cuales el activo sea utilizado. Una vez conocidos los datos anteriores se elabora una tabla donde se presentan todos los valores y se calculan los consumos.

>>> 147

Usuario	Activo	Frecuencia de uso	Consumo habitual	Consumo eficiente
Padre	Regadera	6 min	10 L/m	4 L/m, 16 Litrs max
		Total	60 L	16 L
Madre	Regadera	6 min	10 L/m	4 L/m, 16 Litrs max
		Total	60 L	16 L
Hijo	Regadera	6 min	10 L/m	4 L/m, 16 Litrs max
		Total	60 L	16 L
Hija	Regadera	6 min	10 L/m	4 L/m, 16 Litrs max
		Total	60 L	16 L

Tabla 43.- Cálculo de los consumos de agua en el activo "regadera". Fuente: Elaboración propia.

Todos los activos deben pasar por el mismo proceso de cálculo para poder establecer un gasto estimado, de lo que será el consumo eficiente de agua en la vivienda. Realizado lo anterior los datos se vacían en una tabla donde se podrán sumar todos los consumos de los activos, esta tabla proporcionará las cantidades de agua de diferentes usos que se tendrán que almacenar durante todo el año, para poder satisfacer las necesidades hídricas de la vivienda.

CÁLCULO DEL CONSUMO DE AGUA PARA UNA VIVIENDA DE CUATRO HABITANTES UTILIZANDO LA ARQUITECTURA DEL AGUA													
		HIJA		MADRE		PADRE		HIJO		TOTAL		USO DEL AGUA RECICLADA	
													
Sedimentos (S)	Tratamientos	Agua de primer uso											
		moderado	desmoderado	moderado	desmoderado	moderado	desmoderado	moderado	desmoderado	moderado	desmoderado		
Bebidas		P	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3	10	12	Riego de vegetación
Preparación de alimentos		P	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3	10	12	Riego de vegetación
Regadera		S	16	20	16	20	16	20	16	20	64	80	Lavadora
Lavabo	S	2	3	2	3	2	3	2	3	8	12	W.C.	
Lavavajillas	S	2	3	2	3	2	3	2	3	8	12	W.C.	
Fregadero	S	2	3	2	3	2	3	2	3	8	12	W.C.	
Planchado	S	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	2	4	Evaporación o Filtración	
Otros	S	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	2	4		
TOTAL		28	37	28	37	28	37	28	37	112	148		
Promedio		32.5		32.5		32.5		32.5		130			
Agua de segundo Uso													
Limpieza de vivienda	F	1	2	1	2	1	2	1	2	4	8		
Lavadora	F	4	8	4	8	4	8	4	8	16	32	Lavado de Automovil	
W.C.	O/	15	21	15	21	12	18	12	18	54	78	Riego de vegetación	
Otros	F	1	2	1	2	1	2	1	2	4	8	Riego de vegetación	
TOTAL		21	33	21	33	18	30	18	30	78	126		
Promedio		27		27		24		24		102			
Aguas de Tercer uso													
Lavado de automovil	F	9	18	9	18	9	18	9	18	36	72	Evaporación o Filtración	
Otros	F	1	2	1	2	1	2	1	2	4	8	Riego de vegetación	
TOTAL		10	20	10	20	10	20	10	20	40	80		
		15		15		15		15		60			
Aguas de Cuarto uso													
Riego de vegetación	N/	2.4	4.8	2.4	4.8	2.4	4.8	2.4	4.8	9.6	19.2	Evaporación o Filtración	
Otros	N/	1	2	1	2	1	2	1	2	4	8	Evaporación o Filtración	
TOTAL		3.4	6.8	3.4	6.8	3.4	6.8	3.4	6.8	13.6	27.2		
Promedio		5.1		5.1		5.1		5.1		20.4			
TOTAL DE LITROS TODAS LAS ETAPAS										312.4			

Tabla 44.- de consumos, aplicando estrategias, técnicas y tecnologías. Elaboración propia. Derechos reservados.

150 <<<

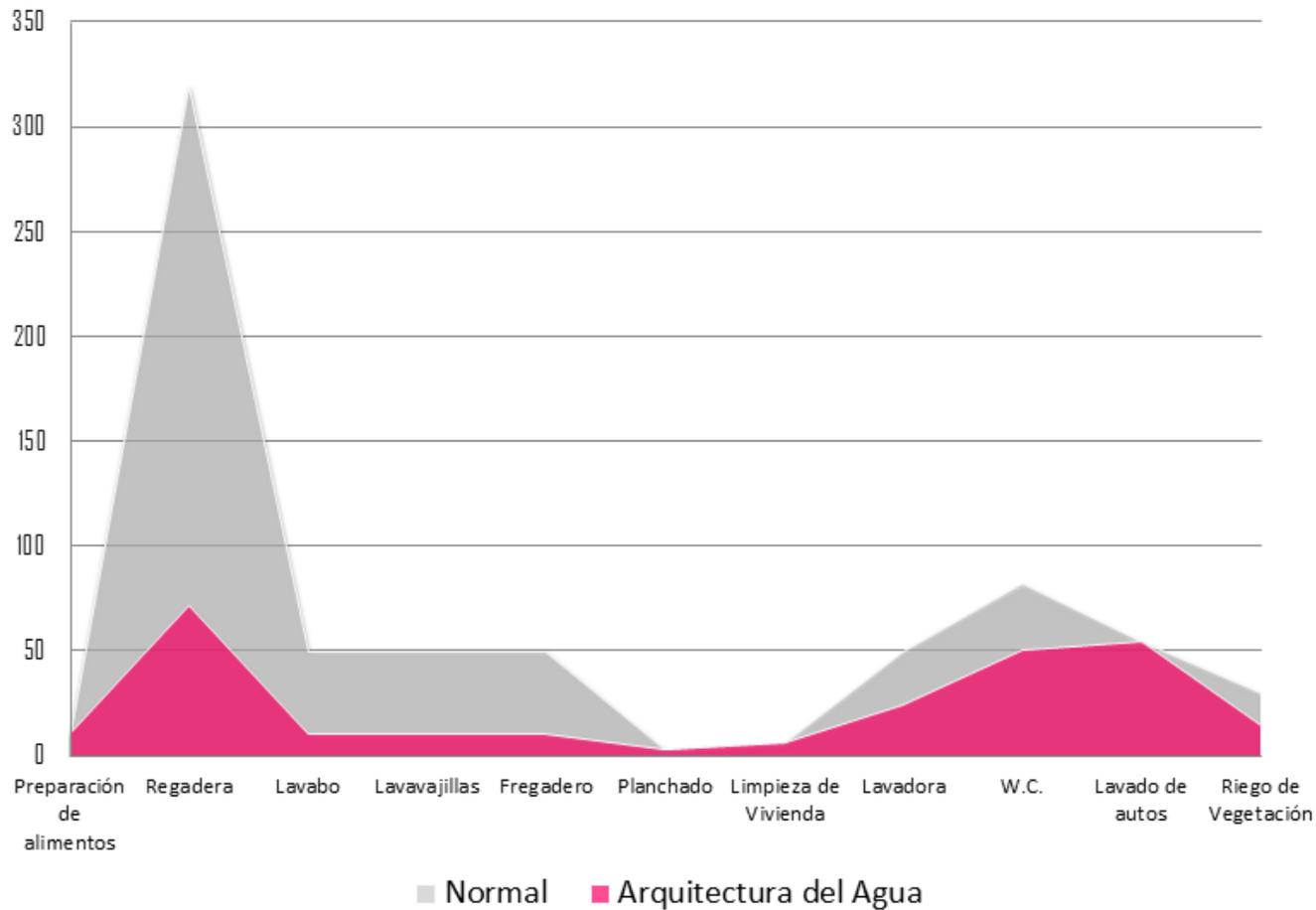


Tabla 45.- Comparación de consumos, consumo normal y aplicando un modelo de gestión de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

Se puede apreciar claramente, que al comparar los dos consumos registrados, existe una gran diferencia. El consumo que normalmente se realizaría en la vivienda sería de 714 litros y el consumo que se tiene aplicando un modelo de gestión de agua es de 312.4 litros, para el total de todos los tipos de agua que se aplicaron, pero para aguas de primer uso, que es la que se obtiene del agua pluvia, es de apenas 130 litros.

Si bien con la implementación de este tipo de estrategias en los objetos arquitectónicos lograra reducir en gran medida el consumo de agua, el usuario tiene la última palabra, ya que éste, es el que desarrollará la última función que es la de consumir, por tanto se debe promover una nueva cultura del agua, que tendrá como base una educación que fomente el ahorro y el cuidado del líquido.

Uno de los objetivos de aplicar este modelo de gestión de agua, es el de hacer más eficiente el consumo de agua, por decirlo de otra forma, se pretendió reducir la cantidad de líquido que se gasta en un objeto arquitectónico, para este caso una vivienda, por lo que se puede decir, que ese objetivo se ha alcanzado. Por tanto, se puede concluir que, aplicar el modelo de gestión en este caso en específico, redujo el consumo de agua de primer uso en la vivienda de 714 litros a 130 litros, es decir de 178.5 litros por habitante a 32.5 litros por habitante, por lo que se obtuvo una reducción de consumo de casi un 82%.

Como se había mencionado anteriormente, disminuir el consumo de agua en un objeto arquitectónico, permitirá que se puede lograr una sustentabilidad hídrica, ya que este sistema se podrá implementar en zonas donde la precipitación pluvial sea escasa, además disminuye el área de captación y almacenamiento.

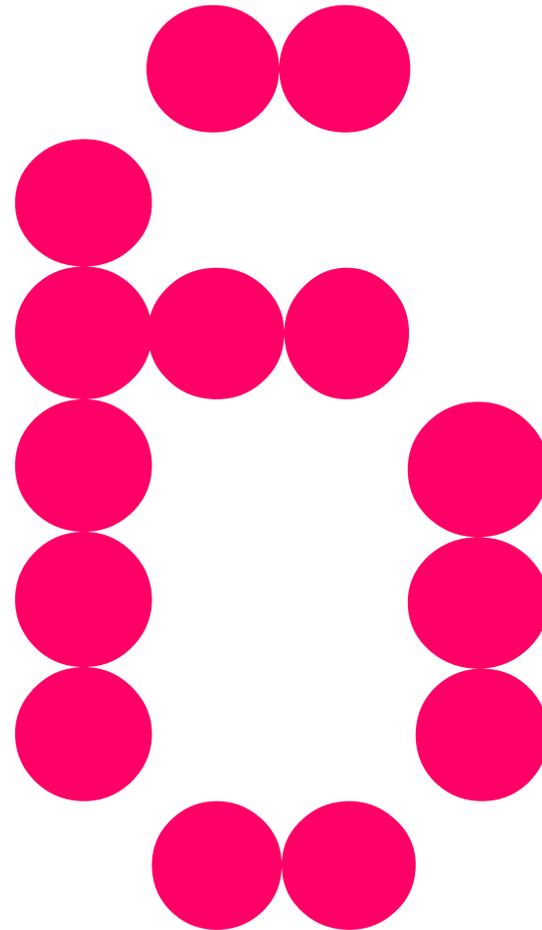
Está claro que el arquitecto debe implementar un modelo de gestión de agua en los edificios, ya que al hacer esto, podrá contribuir de una forma adecuada a la gestión integral de los recursos hídricos; y con esto evitará que se continúe deteriorando el medio ambiente y se siga ofreciendo una mala calidad de vida a las personas debido a la falta de agua.

Si bien aún falta concluir dos etapas del modelo de gestión de agua, se tiene claro que en las primeras fases, se ha logrado un gran avance en cuanto hacer más eficiente el consumo del líquido, lo que repercutirá en gran medida, a la hora de calcular el área de captación y la capacidad de almacenamiento (tema del capítulo 6), además, se debe de analizar si es factible económicamente aplicar este tipo de sistema, para que, realmente se podrá aludir, que con la implementación de un modelo adecuado de gestión de agua en la arquitectura, se puede lograr totalmente una sustentabilidad hídrica.

.el almacenamiento de agua:



una integración arquitectónica



>>> 153



C6. EL ALMACENAMIENTO DE AGUA: UNA INTEGRACION ARQUITECTONICA

“Hay algo más importante que la lógica: es la imaginación” (Alfred Hitchcock)

Como paso siguiente del modelo de gestión de agua, se procede a resolver el tema de la gestión del almacenamiento. Este caso se analizará desde un punto de vista particular, ya que se pretende resolver el almacenamiento, de una forma integral al objeto arquitectónico.

El almacenamiento de agua es uno de los factores más importantes a solucionar para lograr la sustentabilidad hídrica en un objeto arquitectónico, donde la fuente de abastecimiento es el agua pluvial, ya que, se requiere almacenar una gran cantidad de agua, por lo que una gran parte de los recursos económicos y espaciales se consumen en este elemento. Por tanto es necesario comenzar a proponer soluciones que mejoren las características

de los productos existentes. Esta razón (la problemática del almacenamiento de agua) es por la cual surgió inicialmente esta investigación, ya que, se necesita tomar al almacenamiento, como parte integral de la arquitectura del agua, debido a que y como se muestra en a alturas, la sustentabilidad hídrica necesita forzosamente una gran cantidad de almacenamiento para ser puesta en marcha.

Actualmente en el mercado, existen múltiples soluciones para el almacenamiento de agua en un objeto arquitectónico. Estos se pueden dividir en dos grandes categorías: los que son hecho en obra y los que son prefabricados. Los sistemas de almacenamiento de agua prefabricados han surgido como respuesta a los realizados en obra, debido a que estos últimos presentan múltiples defectos, como

lo son: altos costos, insalubridad, deficiencias en la mano de obra y en los materiales, tiempos prolongados de fabricación, entre otras cosas. Aun así, los sistemas prefabricados de la misma forma presentan algunas deficiencias que se deben de solucionar si se piensa lograr que, el almacenamiento, pueda ser parte integral de la arquitectura del agua.

En los sistemas prefabricados está el primer paso para lograr con el almacenamiento, una integración a la arquitectura del agua. El hecho de que, con la prefabricación se hayan buscado nuevos materiales para poder fabricar los sistemas y el desarrollo de distintas geometrías, distintos acabados, entre otras cosas habla de querer buscar una integración al objeto arquitectónico, que se ha dado de una forma, primero económica, posteriormente salubre y actualmente estética.

A pesar de las nuevas propuestas de los elementos prefabricados, éstos siguen presentando deficiencias, las más grandes son: primero, la falta de integración

con el objeto arquitectónico, debido a que los elementos almacenadores prefabricados son pensados como sistemas independientes y son añadidos sin ninguna metodología de diseño más que la de “buscar un lugar para esconder el elemento”; segunda, la deficiencia es su monofuncionalidad, es decir, solo sirve para el almacenamiento de agua, desperdiciando las propiedades del líquido y las propiedades de los materiales con los que es construido el sistema.

Para poder lograr un sistema de almacenamiento que sea parte de la arquitectura del agua, se deben solucionar en gran medida las deficiencias que presentan los sistemas actuales prefabricados. Para ello, se desarrolla una serie de procedimientos que analizan y sugieren, como puede llegar a desarrollarse un sistema a manera de criterios de diseño.

En el capítulo 3, se habló de una forma general de lo que trata la integración arquitectónica del uso del agua y de la multifuncionalidad de esta, pero parece

importante definir claramente, lo que estos dos terminos pueden lograr en el almacenamiento de agua.

La integración arquitectónica del almacenamiento de agua, se entiende como la concepción del sistema de almacenamiento, como un elemento arquitectónico que sea parte indispensable de todo el conjunto, el cual este contemplado dentro de la etapa de diseño de este, y forme parte de todo el sistema arquitectónico. Esta integración esta muy ligada y abré el camino para el desarrollo de la multifuncionalidad del objeto.

La multifuncionalidad de un sistema de almacenamiento de agua, es basicamente lograr que el mismo elemento desempeñe otras funciones en el espacio arquitectónico, es decir que pueda servir como un elemento divisorio, un elemento acustico, un elemento de climatización, u otras muchas cosas, es decir, que pueda maximizar el uso tanto del agua como del contenedor , y así se pueda disminuir costos

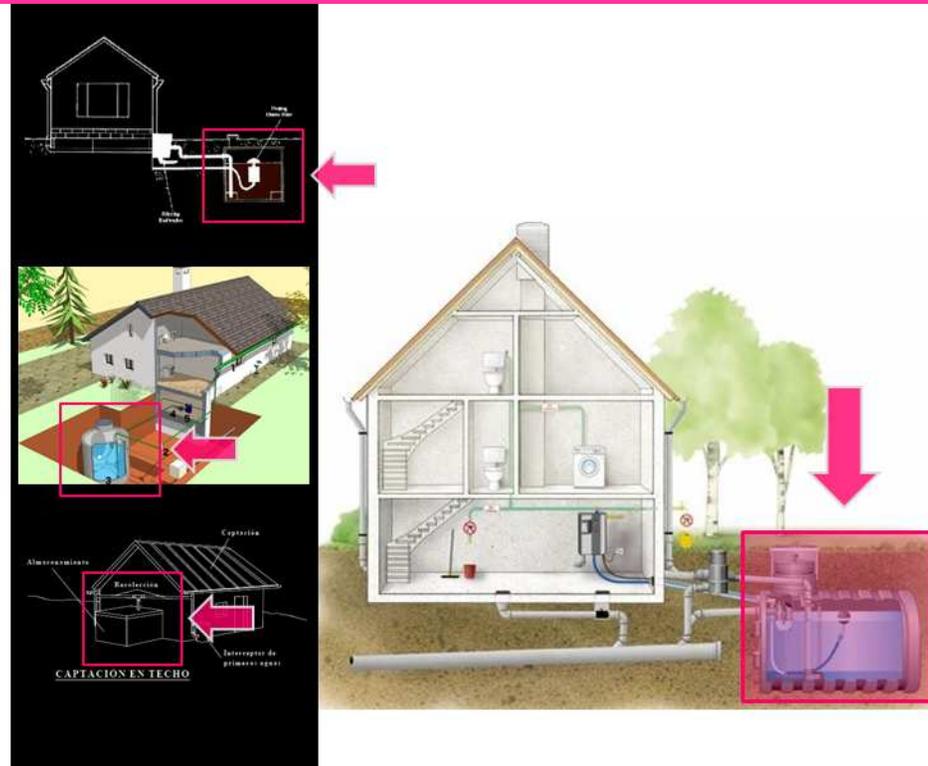
en un edificio y también lograr un mejor confort en el espacio arquitectónico.

La integracion y la multifuncionaluidad son muy importantes, debido a que, el objeto almacenador siempre se ha visto de una forma aislada, como un elemento que solo puede cumplir esa funcion, pero también, dependiendo el lugar, como un elemento importante y de gran costo. Es importante, ya que éste, asegura el abastecimiento de agua en un edificio, que no tiene una forma constante de obtención de agua, ya sea porque su unica fuente es el agua pluvial o como en el caso de la mayoría del territorio mexicano, el suministro público de agua potable, es muy intermitente.

El poder desarrollar un sistema de almacenamiento que este a la altura de la arquitectura del agua, ayudará a lograr una sustentabilidad hídrica, es decir, podrá proporcionar el suministro de agua requerida de forma adecuada y autónoma; también podrá utilizar las propiedades del agua para crear confort en el espacio arquitectónico, ya sea acustico,

climático o visual; además se aprovechará de mejor forma el contenedor y se le otorgará una función arquitectónica, lo que hará que los costos totales de

un edificio disminuyan; por lo que sería un elemento indispensable para tomar en cuenta en el diseño de la arquitectura.



>>> 157

Imagen 41.-Sistemas tradicionales de almacenamiento de agua. FUENTES: 1.- Guia de diseño para captación de agua de lluvia - Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural. 2.-<http://www.ison21.es> 3.- <http://www.ggsabogados.com>

Este sistema, que se desarrolla mas adelante se enfocará principalmente en objetos arquitectónicos que dependen unicamente del agua pluvial, cosa que no significa que no funcione para los lugares donde el suministro de agua es intermitente, sino que, se pretende que con el modelo de gestión de agua, el objeto arquitectonico pueda satisfacer sus necesidades del liquido, sin necesidad de requerir de suministros artificiales externos, además que la parte de los suministros intermitentes deben de quedar resagados a medida que los países donde sucede esto se vayan desarrollando.

Por todo lo anterior, es importante que se promueva el desarrollo de elementos almacenadores que sustituyan a los prefabricados que actualmente dominan el mercado, ya que como se explica, el almacenamiento de agua tiene un gran potencial en el futuro de la arquitectura del agua y para ello se deben de cumplir con los requisitos que son, la integración arquitectónica y la multifuncionalidad

Para cumplir con todas las exigencias anteriores, las cuales pueden ser englobadas en dos elementos, integridad y multifuncionalidad, se propone en esta investigación, un sistema de almacenamiento de agua, el cual, esta concebido con dos objetivos primordiales: 1.- demostrar que el desarrollo de nuevas estrategias que contribuyan al crecimiento de la arquitectura del agua es factible, y 2.- Demostrar que el almacenamiento de agua es parte importante en el modelo de gestión, desempeñando multifuncionalidad y una integración con el objeto arquitectónico.

6.1. calculo del almacenamiento

Se pretende hacer una liga entre el modelo de gestión de agua que se comenzó en el capítulo 5 y el prototipo almacenador de agua que se presentará en este apartado, por lo que el primer paso será continuar con la etapa número 5 del modelo de gestión, la cual es calcular la cantidad de agua que se debe almacenar. Por lo tanto, una vez conocida la cantidad de agua que se consume en los distintos

activos es necesario calcular y definir la capacidad de almacenamiento del líquido de todos los usos, es decir: se requiere conocer cuál es la cantidad de agua de primer uso (agua pluvial), segundo uso y tercer uso, que se debe almacenar durante todo el año.

La tabla de consumo eficiente de agua, muestra que se necesita una cantidad de 130 litros promedio al día de agua de primer uso, para satisfacer las necesidades de la vivienda por lo que se genera un consumo de $(130 \text{ litros} / 4 \text{ habitantes})$ 32.5 litros por habitante al día.

Después de obtener el consumo de agua de primer uso para los cuatro habitantes, se le añade un 5% del total del consumo, debido a la posible presencia de visitas en la vivienda, por lo que da como resultado:

$$130 \text{ litros al día} \times 1.05 = 136.5 \text{ litros al día}$$

En la siguiente tabla se realiza el cálculo de la cantidad necesaria de agua, tomando en cuenta la cantidad de 136.5 litros que se gasta al día por toda la familia y posibles visitantes, y los días que presenta cada mes.

>>> 159

136.5 l/d	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366
Consumo	4231.5	3958.5	4231.5	4095	4231.5	4095	4231.5	4231.5	4095	4231.5	4095	4231.5	49959

Tabla 45.- Consumo por mes utilizando un gasto de 135.5 litros por habitante al día. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados

Ahora se dispone a calcular cuál es la superficie requerida para poder recolectar el agua pluvial que se necesita, para esto se utiliza la precipitación promedio

total anual y la cantidad total de agua que se necesitará para abastecer la vivienda durante un año, que se multiplica por un coeficiente del 10% por

perdidas de evaporación, fugas y algunas otras complicaciones que se presentan durante la cosecha, por lo que se tiene lo siguiente.

Consumo total anual 49,959 litros

Captación anual total necesaria incluyendo pérdidas:

$$49,959 \text{ litros} \times 1.10 = 54,954.90 \text{ litros}$$

Por lo que se requiere una capacidad de recolección de 54,954.90 litros a lo largo de todo el año.

Se continua a calcular la superficie necesaria para poder cosechar los 54,954.90 litros de agua pluvial, para eso simplemente basta con dividir la cantidad de litros que se pueden recolectar en un año, entre el total que se puede cosechar por 1m^2 de superficie con la precipitación pluvial que se dispone.

$$\text{Precipitación pluvial} = 863.10 \text{ mm al año}$$

Cantidad de agua recolectada por 1m^2 de superficie

$$863.10 \text{ mm} \times 1\text{m}^2 = 863.10 \text{ litros/m}^2$$

$$54,954.90 \text{ litros} / 863.10 \text{ litros/m}^2 = 63.68\text{m}^2 = 64 \text{ m}^2$$

Por lo que se requiere una superficie de 64 m^2 para poder obtener el agua suficiente y así garantizar el abasto del líquido durante todo el año.

La superficie de recolección de la vivienda es de 65m^2 , por lo que es suficiente para poder abastecer de agua a la vivienda sin tener que agregar elementos adicionales de captación pluvial, por lo que se continuará calculando la cantidad de almacenamiento que se necesita para satisfacer los 54,954.90 litros de agua.

Para conocer cuál es el volumen máximo de agua de primer uso que se necesita almacenar durante el año, se coloca en una tabla, la cosecha de agua pluvial máxima que se puede dar por cada mes en 1m^2 y en 65m^2 , también se debe colocar el consumo de agua mensual, a continuación se le resta la cantidad recolectada por los 65m^2 al consumo de agua

mensual, obteniendo un déficit y un superávit. Para obtener la cantidad total de agua que se debe almacenar se suman todos los superávit y se le

agrega el consumo por un mes de 31 días. Esta información se muestra en la siguiente tabla. }

136.5 l/d	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Días	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	366
1m ³	13.4	4.8	4.1	10.4	53.8	165.7	180.5	155.1	169.8	85.1	16.7	3.7	863.1
64m ³	857.6	307.2	262.4	665.6	3443.2	10604.8	11552	9926.4	10867.2	5446.4	1068.8	236.8	55238.4
Consumo	4654.65	4354.35	4654.65	4504.5	4654.65	4504.5	4654.65	4654.65	4504.5	4654.65	4504.5	4654.65	54954.9
Diferencia	3797.05	4047.15	4392.25	3838.9	1211.45	6100.3	6897.36	5271.75	6362.7	791.75	-3435.7	4417.85	283.5

>>> 161

Tabla 46.- Consumo por mes utilizando un gasto de 135.5 litros por los cuatro habitantes al día. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados

Una vez obtenidos las diferencias entre la cosecha pluvial y el consumo mensual, se suman los superávit y el consumo de un mes de 31 días, por lo que se tiene lo siguiente:

6,100.30 litros + 6,897.36 litros + 5,271.75 litros + 6,362.70 litros + 791.75 litros + 4,654.65 litros = 29,655.35 litros

Por lo tanto se necesita almacenar una cantidad máxima de 29,655.35 litros de agua durante el año, para los activos que necesitan agua de primer uso.

Ahora se procede a calcular la cantidad de agua de segundo uso que se necesita almacenar. El agua de segundo uso, procede del tratamiento del agua residual de los activos que utilizan agua de primer

uso, que se depura y filtra. Este sistema de tratamiento, proporciona el 95% del total del agua tratada, por lo que para lograr una mayor seguridad de abastecimiento, se calculará la cantidad de agua de segundo que se tiene disponible, a partir del 90% del total del agua residual de primer uso. Por lo tanto se toma el 90% del total de agua residual de primer uso y se observa si es suficiente para lograr los 102 litros diarios que se necesitan para abastecer la vivienda.

Por lo que sería

$$136.5 \text{ litros} \times 0.90 = 122.85 \text{ litros}$$

Como se observa, se obtiene una cantidad diaria de 122.85 litros agua de segundo uso, lo que es suficiente para dotar del líquido a la vivienda, ya que solo se requieren 102 litros de agua de segundo uso al día por los cuatro habitantes.

Debido a que se tiene una fuente de dotación diaria de agua de segundo uso (debido a que deriva del consumo de la de primer uso), solo se requeriría

almacenar el consumo diario, pero para garantizar la dotación del agua de segundo uso, se almacenarán tres veces la cantidad necesaria durante un día, por lo que se tiene:

$$102 \text{ litros} \times 3 \text{ días} = 306 \text{ litros}$$

Por lo que se debe de almacenar un total de agua de primer y segundo uso de:

$$29,655.35 \text{ litros} + 306 \text{ litros} = 29,961.35 \text{ litros}$$

El agua de tercer uso se obtiene del agua residual de la de segundo uso y será depurada por un sistema de filtrado y tratamiento de agua (Biodigestor), mismo sistema que la almacenará, por lo que se omitirá el cálculo de la capacidad de almacenamiento necesaria. En caso de que existieran más tipos de agua, se repetirían los mismos procedimientos que para calcular el agua de segundo uso, utilizando el consumo predecesor como fuente de agua.

6.2. modulo multifuncional para el almacenamiento de agua

Como se mencionó al principio de este capítulo, en esta investigación se trata el tema de la problemática del almacenamiento de agua, desde un punto de vista particular, que pretende lograr la integridad del elemento almacenador de agua al objeto arquitectónico.

El sistema almacenamiento aquí planteado se puede definir como, un elemento modular multifuncional para el almacenamiento de agua. Este sistema pretende lograr la integración arquitectónica y la multifunción, desarrollándose como un elemento divisorio vertical, es decir, como un muro. Este muro conformado por los diferentes módulos (cantidad que será regida por el almacenamiento que se necesite proporcionar), desempeñara: la primera función de almacenamiento de agua; la segunda función, será la de dividir el espacio exterior del interior, siendo parte de la fachada de la vivienda.

Las características de este elemento, lo convierten en una estrategia más para utilizarla como parte de la arquitectura del agua, por lo que se retoma y se agrega a la lista de estrategias utilizadas en el modelo de gestión, lo que conlleva a lograr una sustentabilidad hídrica en la arquitectura .

Este elemento es modular, con la forma exterior de un paralelepípedo, para que pueda tener una unión uniforme entre sí y con forma interior cilíndrica debido a que es la forma más salubre de contener el agua y también debido a los procesos de fabricación con los que se realizaría. Los módulos se van uniendo entre sí verticalmente, por medio de un sistema de enroscado que tienen en su parte inferior y superior. Tanto vertical como horizontalmente son confinados por medio de tensores que pasan entre cada uno de los módulos por medio de orificios circulares que son colocados entre la forma cilíndrica y paralelepípedo. El sistema de distribución de agua, se proporciona por medio de dos tomas colocadas en cada módulo, una en la parte superior media y otra en la parte inferior media; lo anterior hace que el agua se

distribuya de manera uniforme por todos los módulos o se pueda controlar dependiendo las necesidades particulares. Como cualquier otro muro, necesita una cimentación que debe ser calculada dependiendo el tipo de suelo y la cantidad de peso a soportar; también se debe colocar un sistema de marcos para darle mayor rigidez al muro, ya que como contiene múltiples piezas se necesita un elemento que lo confine. Para evitar que se acumule una gran fuerza cinética a causa del agua almacenada. Cada modulo, cuenta con un sistema de rompeolas que evita que la energía se propague. A continuación se muestran algunas imagenes y esquemas de funcionamiento de este elemento, que se considera como el aporte tecnologico de esta investigación.

164 <<<

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

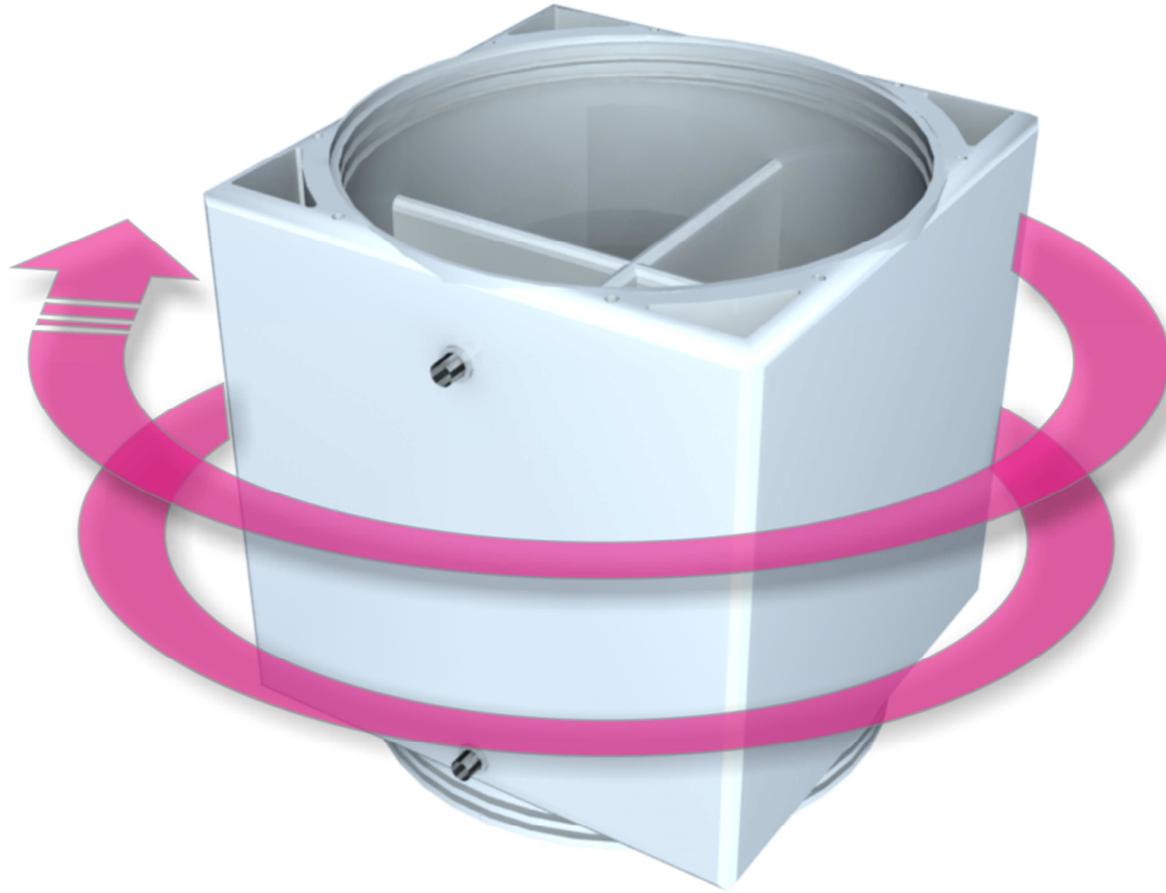


Imagen 42.- Módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

MODULO - CARACTERISTICAS -



INTEGRACIÓN CON EL OBJETO
ARQUITECTONICO - NO UN ELEMENTO
AGREGADO-

EL AGUA COMO ELEMENTO ACTIVO

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
INDIVIDUAL DE 170 LITROS

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

DIMENSIONES SEGÚN MODELO Y
NECESIDAD, ESTANDAR DE 60cm x 60
cm x 60 cm

166 <<<

Imagen 43.- Características del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

i

c1

c2

c3

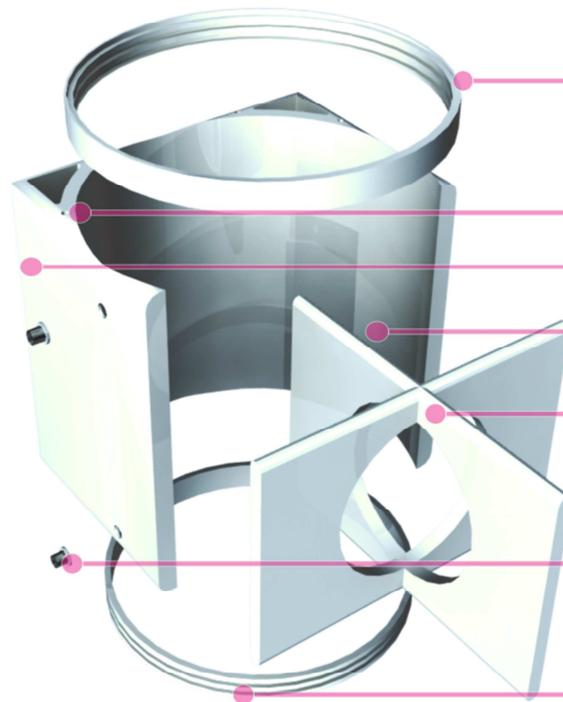
c4

c5

c6

c

DESPIECE



ANILLO SUPERIOR CON ENROSCADO
INTERIOR

PERFORACIONES PARA ANCLAJES

VOLUMEN EXTERIOR CUADRADO

CONTENEDOR INTERIOR CILÍNDRICO

ROMPEOLAS

TOMAS PARA DISTRIBUCIÓN DE AGUA

ANILLO INFERIOR CON ENROSCADO
EXTERIOR

>>> 167

Imagen 44.- Despiece del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

FUNCIONAMIENTO

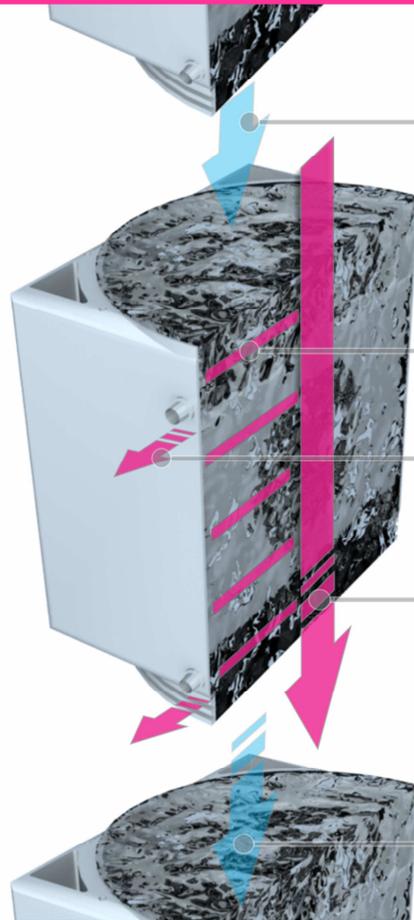
ALIMENTACIÓN DE AGUA SUPERIOR

DISTRIBUCIÓN INTERIOR Y ALMACENAMIENTO DE AGUA

DISTRIBUCIÓN MEDIA LATERAL HACIA MÓDULOS LATERALES

DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD HACIA LA PARTE INFERIOR

DISTRIBUCIÓN A OTROS MÓDULOS POR LA PARTE INFERIOR



168 <<<

Imagen 45.- Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

i

c1

c2

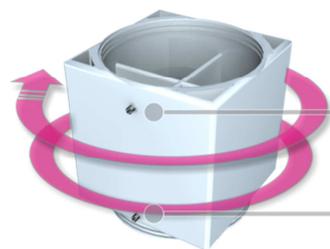
c3

c4

c5

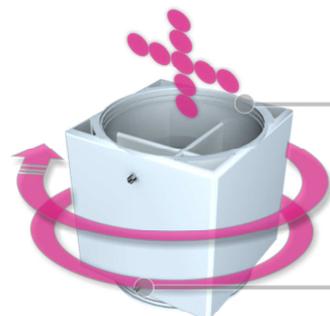
c6

c



MÓDULO INDIVIDUAL

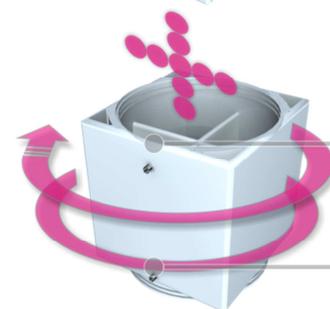
GIRO PARA GENERAR UNA ADICIÓN



MÓDULO INDIVIDUAL



GIRO PARA GENERAR UNA ADICIÓN



MÓDULO INDIVIDUAL

GIRO PARA GENERAR UNA ADICIÓN

FUNCIONAMIENTO



TAPA DE CIERRE SUPERIOR



SISTEMA MÓDULAR



TAPA DE CIERRE SUPERIOR

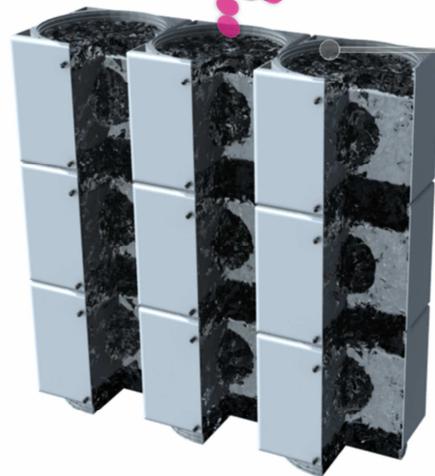
>>> 169

Imagen 46.- Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

FUNCIONAMIENTO



MÓDULOS HORIZONTALES



CONJUNTO DE MÓDULOS



MÓDULOS VERTICALES

170 <<<

Imagen 47.- Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

i

c1

c2

c3

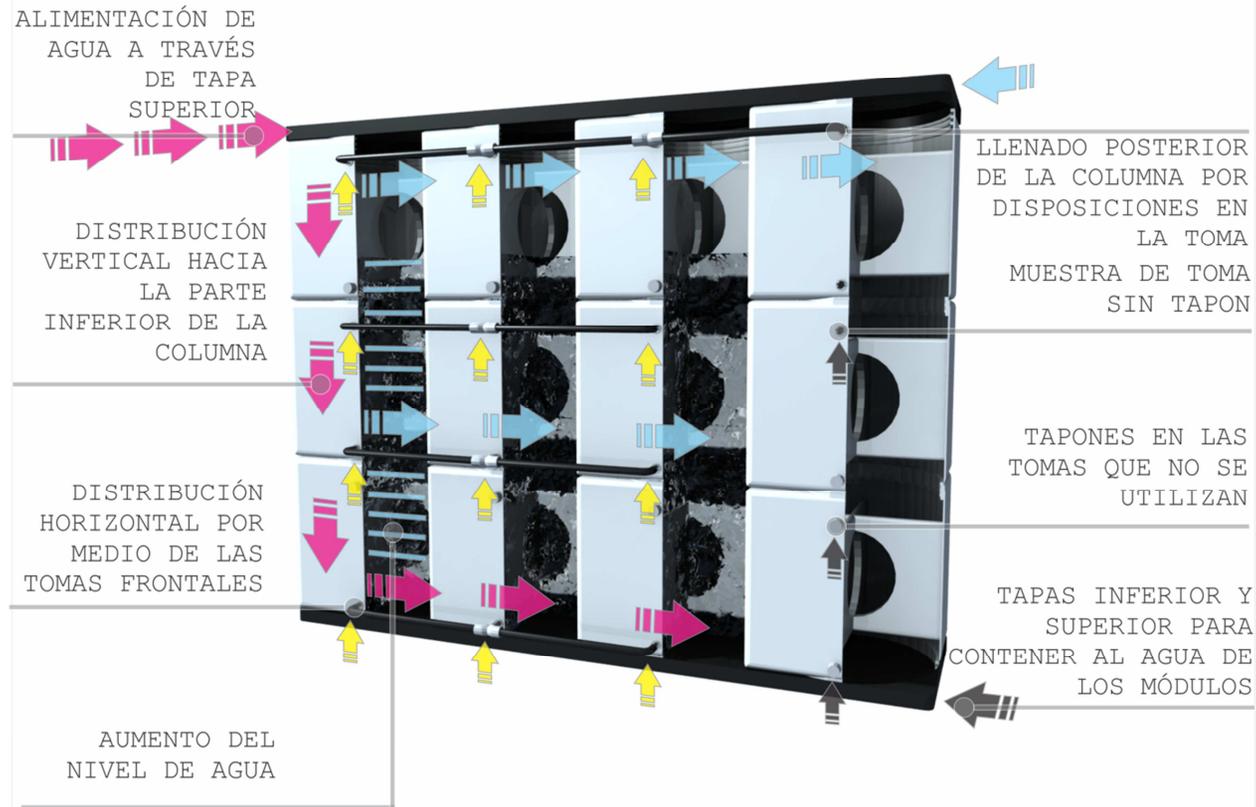
c4

c5

c6

c

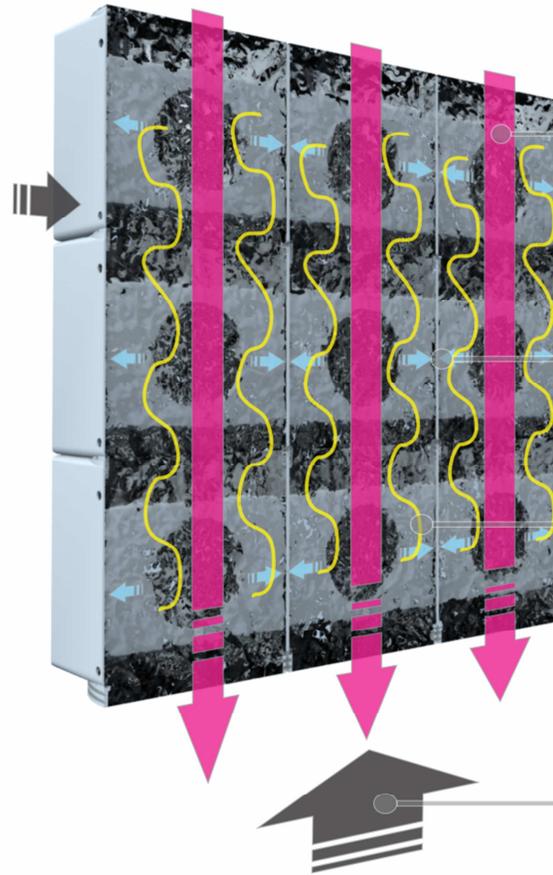
DISTRIBUCION DE AGUA



>>> 171

Imagen 48.- Distribución del agua en el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados..

CARGAS



LAS MAYORES CARGAS SE DISTRIBUYEN VERTICALMENTE DE FORMA CONTINUA

LAS CARGAS HORIZONTALES SON CONTENIDAS POR ELEMENTOS VERTICALES QUE OTORGAN CONFINAMIENTO

LAS CARGAS MENORES SE DISTRIBUYEN HORIZONTALMENTE DENTRO DE CADA MÓDULO

UN ELEMENTO ROMPEOLAS EVITA QUE EN CASO DE SISMO U OTRO MOVIMIENTO EL AGUA GENERE MAYORES CARGAS E INESTABILIDAD

FINALMENTE LAS CARGAS VERTICALES SON DISTRIBUIDAS HASTA LA PARTE INFERIOR DEL SISTEMA PARA SER CONTENIDAS POR UNA CIMENTACIÓN

172 <<<

Imagen 49.- Esquema de cargas en el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados..

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

APARIENCIA FINAL



>>> 173

Imagen 50.- Apariencia final del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.

Una vez descrito el sistema modular para almacenamiento de agua, se procede a calcular cuantos elementos son necesarios para almacenar el agua requerida durante todo el año por la vivienda.

Se tiene que se necesitan almacenar un total de agua de primer y segundo uso de 29,961.35 litros y la capacidad de cada elemento es de 170 litros, por tanto se tiene:

$$29,961.35 \text{ litros} / 170 \text{ litros-módulo} = 177 \text{ módulos}$$

Se necesita una capacidad de 177 módulos para poder almacenar toda el agua de la vivienda, por lo que si se colocan como muros perimetrales de la vivienda se tiene lo siguiente:

$$6 \text{ metros de altura de la vivienda} / 0.6 \text{ metros de altura del modulo} = 10 \text{ modulos}$$

Por lo que se necesita cubrir un perímetro de 18 módulos, es decir:

$$18 \text{ módulos} \times 0.60 \text{ metros} = 10.80 \text{ metros}$$

Con la cantidad de módulos necesarios para dotar de agua a la vivienda durante todo el año, se puede cubrir un perímetro de 10.80 metros con una altura de 6 metros. Lo que representa:

$$10.80 \text{ metros} \times 6 \text{ metros} = 64.80 \text{ m}^2$$

Se puede sustituir una superficie de 64.80m² de muro con el sistema de almacenamiento, que en lugar de haber estado enterrado como se hace normalmente, se aprovecha como parte integral del objeto arquitectónico.

A continuación se muestran unas imágenes, la primera es la distribución del módulo multifuncional, en la planta de la vivienda, la segunda es una perspectiva de cómo se apreciaría la vivienda sin el sistema y la tercera es una perspectiva integrando ya, el sistema almacenador.

174 <<<

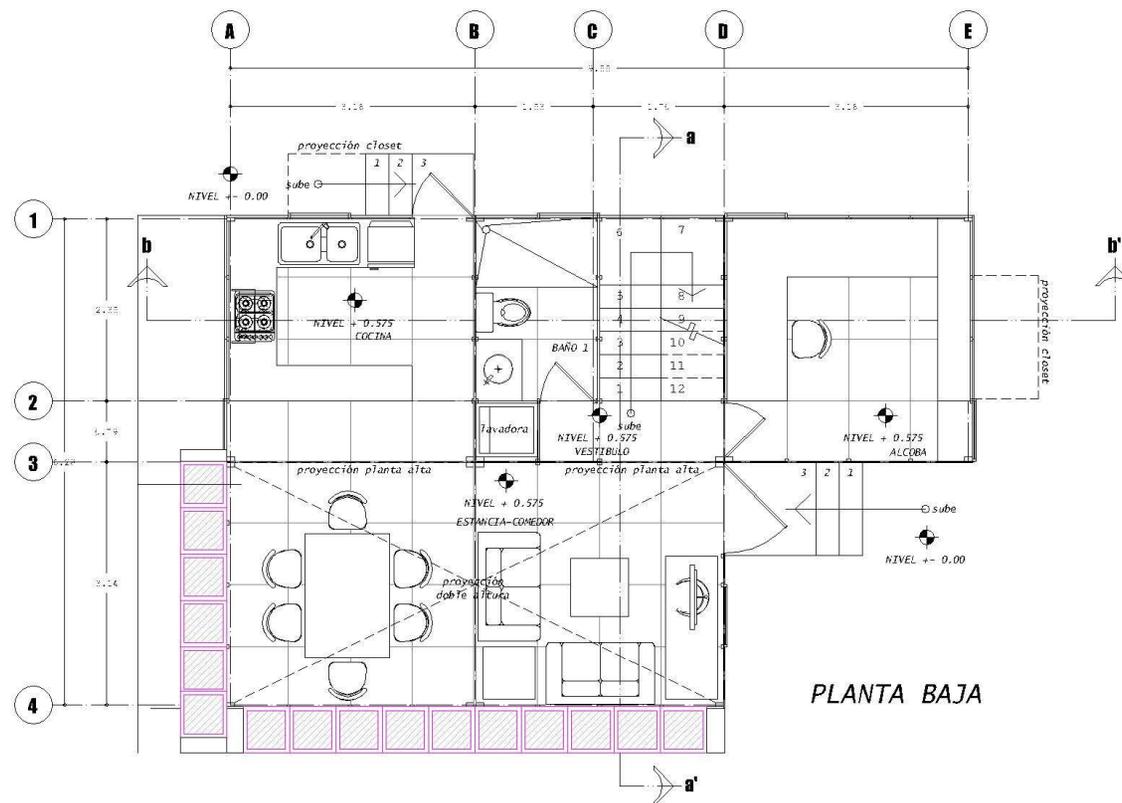


Imagen 51.- De color magenta se muestra la implementación del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua en la vivienda. Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.

176 <<<



Imagen 52.- Vista de la vivienda sin implementar el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua.
Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c



>>> 177

Imagen 53.- Vista de la vivienda implementando el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua.
Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.

Reflexiones

La intención de esta propuesta de almacenamiento de agua como aportación tecnológica de la investigación, es el de demostrar que a través de nuevas propuestas integradas al diseño arquitectónico, se pueden ir creando alternativas y soluciones para hacer más viables la gestión del agua dentro de la arquitectura. Se muestra como una problemática, como lo es la desintegración y la mono función, de los sistemas almacenadores de agua en un objeto arquitectónico, puede ser resuelta de forma completamente distinta, lo que puede hacer que se logren los objetivos de la arquitectura del agua (manejados en el capítulo 3), es decir, que el agua sea un elemento de diseño arquitectónico y sea un actor principal en el objeto arquitectónico; no como un simple elemento pasivo que se quiera ocultar.

Al desarrollar un nuevo producto tecnológico, siempre es posible seguir implementando mejoras, que van siendo posibles conforme el tiempo va

siguiendo su curso y se van notando sus posibles defectos, por esta razón, la temporal, no es posible atender todos los factores que puedan ser mejorados en este prototipo, lo que sí es posible, es proporcionar una serie de recomendaciones, que muestren las ventajas y las desventajas de este sistema, así como, los puntos que se deben de tener en cuenta para seguir evolucionando este tipo de sistemas. Para esta investigación, proponer una alternativa viable para resolver el tema del almacenamiento de agua de forma integral y multifuncional, es uno de los objetivos principales, por lo que al desarrollar éste sistema, se cumple con éste fin y se muestra uno de los muchos caminos que se pueden seguir para hacer posible esta meta.

Al ir solucionando, todos los aspectos donde interviene el líquido, por medio del desarrollo de nuevas tecnologías del agua, se pueden abrir caminos más amplios para crear modelos de gestión más adecuados, que permitan lograr una sustentabilidad hídrica, sin importar las adversidades a las que se enfrente el arquitecto.

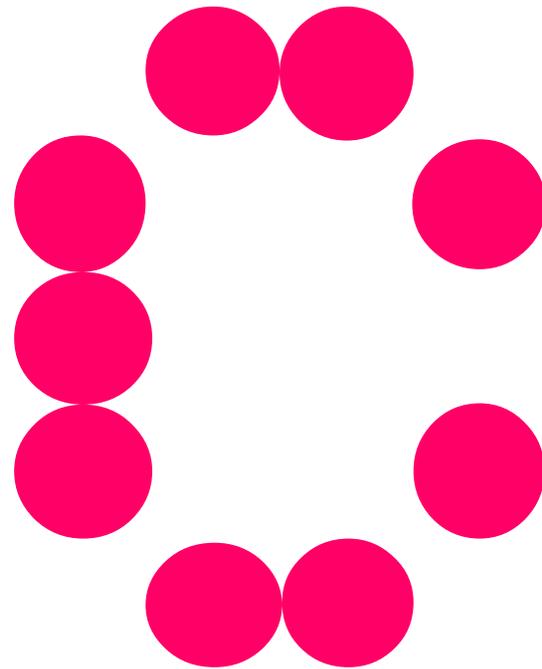
Ventajas	Consideraciones	Desventajas
Prefabricación: su sistema de producción permitirá el ahorro de tiempos de construcción.	Manuales: elaborar diversos documentos técnicos para su instalación, mantenimiento y funcionamiento, será esencial.	Alto precio inicial: debido a que es un nuevo producto, al incorporarse al mercado tendría un costo más alto que sus similares.
Funciones: al cumplir con diversas funciones como la de almacenar agua y ser un muro, puede presentar un ahorro económico dependiendo el caso.	Acabados: ofrecer una amplia gama de acabados y materiales, es importante para lograr la aceptación de éste sistema, ya que al ser aparente, se necesita cuidar el factor estético, ya que es de los principales aspectos que el usuario observa.	Cálculo estructural: debido al peso que soporta cada columna de módulos, se debe calcular una cimentación. Además habría que estudiar las condiciones ambientales específicas de cada región porque se puede enfrentar a sismos y huracanes.
Integración: se proporciona una integración del sistema al objeto arquitectónico, por lo que se propicia a realizar un mejor diseño con el elemento agua.	Dimensiones: brindar distintos tamaños, será un punto a tomar muy en cuenta, ya que con esto, será posible adaptarse de mejor forma a distintos objetos arquitectónicos, según las necesidades particulares de cada uno.	Mayores dimensiones: al hacer superficial el sistema de almacenamiento de agua, requerirá de una mayor superficie, por lo que en algunos casos será difícil su implementación.

>>> 179

<p>Construcción: su incorporación al objeto arquitectónico, será rápida, ya que será un elemento prefabricado que se arme in situ, y permitirá tener una construcción en seco, por lo que no habrá mermas, ni residuos. Su instalación es sencilla por lo que no requerirá de mano de obra experta.</p>	<p>Costos: se tendrán que obtener los distintos precios para cada una de las versiones que se ofrezcan.</p>	<p>Aceptación de los usuarios: de igual forma al ser un producto nuevo, los usuarios tendrán que irlo asimilando lentamente al ver sus beneficios.</p>
<p>Mantenimiento: el mantenimiento será fácil de realizar ya que su forma de ensamblado lo permite. Lo que producirá un alargue de su tiempo de vida y una mejor calidad del agua.</p>	<p>Mejora del producto: el seguir mejorando el producto e irlo evolucionando, es una de las cuestiones más importantes, ya que con el paso del tiempo se pueden ir presentando problemáticas que se deben de resolver.</p>	

Tabla 47.- Aspectos a considerar del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Fuente: Elaboración propia. D.R.

.conclusiones



>>> 181

“Al final, con el tiempo, he llegado a la conclusión de que la derrota es un estado de ánimo; que mientras uno lucha, que mientras uno alienta cuidadosamente un último rescoldo de rebeldía en su interior, uno no está derrotado. En definitiva, uno sólo está vencido cuando se rinde”. [José Andrés Torres Mora; 2011].

182 <<<

Para darle un mejor camino a futuras investigaciones con el tema agua-arquitectura, es necesario hacer un análisis final de los factores que intervienen para lograr una sustentabilidad – hídrica en las ciudades.

La implementación de un modelo de gestión de agua, siempre traerá impactos y consecuencias, sobre todo a tres grandes aspectos: El social, el ecológico y el económico-administrativo. Por esta razón las consideraciones finales de esta investigación, se realizan, analizando por separado estos tres temas, abordado las consideraciones que

deben ser tomadas en cuenta para solucionar las distintas problemáticas que ocurren.

Finalmente se vierten los puntos principales de los tres aspectos, para poder dar algunos parámetros que se deben seguir para ir construyendo una sustentabilidad hídrica en los centros urbanos.

Enfrentarse a las problemáticas desde una forma común, es decir, como se presentan en la vida diaria, es algo muy importante para las conclusiones de este trabajo. El ver si con esta investigación, se pueden resolver esas cuestiones, es fundamental para darle un enfoque realista, porque no simplemente se trata de ofrecer datos, sino de compáralos.

Perspectiva económica - administrativa ■ los habitantes que no cuentan con los servicios municipales en sus viviendas.

Retomando lo que se comentaba en el capítulo 5, al implementar el modelo de gestión de agua en la vivienda, se mencionaba la comparación de dos zonas distintas en la ciudad, una que contaba con el servicio de agua potable y alcantarillado municipal; y otro que no contaba con dicho servicio. En esta perspectiva se vislumbrará que pasaría en estas dos situaciones, haciendo un análisis de comparación de inversiones y gastos que el usuario y el gobierno tendrían que realizar para poder dotar de agua a los habitantes.

Primero se realizará el presupuesto de todos los productos tecnológicos y estrategias que se tuvieron que implementar para poder realizar el modelo de gestión y lograr la sustentabilidad hídrica en la vivienda. Posteriormente se comparará esta inversión contra los gastos que realizan los organismos públicos que ofrecen el servicio de agua potable y alcantarillado. En tercera instancia se hará una comparación de los gastos que tendrían que hacer

>>> 183

CONSUMO DE AGUA Y COSTO DE LAS ESTRATEGIAS DE LA ARQUITECTURA DEL AGUA

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	LITROS AL DÍA	UNIDAD	CANTIDAD REQUERIDA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
AGUA PLUVIAL (PRIMER USO)						
FILTRO	FILTRO DE BAJANTE T50					
	Primer filtro utilizado para separar los objetos sólidos y sedimentos del agua recolectada por las superficies de la vivienda, superficie máxima recomendada 100m2.	0	pieza	1	\$1,501.00	\$1,501.00
		Página web		http://www.aiguadepluja.cat/cast/products/filtros.htm		
		notas:		es un producto que se vende en España, el precio fue tomado en euros (89.00) y convertido en pesos en marzo de 2011		
FILTRO	FILTRO DE OSMOSIS INVERSA - AQUAPURIFICACIÓN					
	Filtro de purificación de agua, que cuenta con distintos sistemas de filtrado por lo que lo hace excelente para el consumo como bebida y para la preparación de alimentos	12	pieza	1	\$9,062.50	\$9,062.50
		Página web		http://www.aquapurificacion.com		
		notas:		Producto recomendado para 4 habitantes		

PERLIZADOR	PERLIZADOR PCA51 - AGUA SOSTENIBLE	28	pieza	4	\$40.00	\$160.00
	Este perlizador permite reducir el consumo de agua de una llave hasta a 1.5 litros por minuto, se utiliza uno por cada llave que se utilice para un lavado	Página web http://www.aguasostenible.com				
notas: El precio varía según el modelo, se utilizó un modelo estándar y de diseño simple.						
REGADERA	REGADERA Q2 - QUEEN SHOWER	80	pieza	1	\$33,544.00	
	Este sistema se vende integral, pero también se puede fabricar un sistema similar por cuenta propia, para así poder disminuir el costo, ya que este producto tiene un precio elevado.	Página web http://www.queenshowers.com				
notas: Se colocan dos presupuestos el del diseño integral y el del modelo fabricado por cuenta propia, este último varía según lo utilizado.						
MUEBLE	LAVAVAJILLAS - GU2475XTVY - WHIRLPOOL	12	pieza	1	\$7,765.00	\$7,765.00
	Aunque la lavavajillas no es muy común encontrarla en los hogares mexicanos, es recomendable colocar una estrategia para reducir su consumo y así contemplar todos los campos	Página web http://www.whirlpool.com				
notas: Precio convertido de dólares en marzo de 2011						

AGUA JABONOSA Y CON DESECHOS ORGÁNICOS (SEGUNDO USO)

AGUA JABONOSA Y CON DESECHOS ORGÁNICOS (SEGUNDO USO)						
FILTRO	TRAMPA DE GRASAS TGP400 - ECODYSA	144	pieza	1	\$9,050.00	\$9,050.00
	<p>Este elemento separa las grasas provenientes de aceites, jabones y productos orgánicos, lo que deja el agua sin ninguno de estos residuos</p>	Página web http://www.cuidatumundo.com				
		notas:				
FILTRO	ODIS OPTIMUS	1	pieza	1	\$10,000.00	\$10,000.00
	<p>Este sistema es de los más efectivos que existen para volver a utilizar el agua jabonosa dentro de un edificio. Con una sola vivienda no se aprovecha al máximo.</p>	Página web http://www.aguasostenible.com				
		notas:				
MOBILIARIO	LAVADORA WFW97HEXL - WHIRLPOOL	32	pieza	1	\$7,710.00	\$7,710.00
	<p>Lavadora con última tecnología de ahorro de agua, con medición automática de agua y función de reciclaje</p>	Página web http://www.whirlpool.com				
		notas:				

		notas:	Precio convertido de dolares en marzo de 2011			
MOBILIARIO	WC+W - ROCA					\$33,600.00
	Este es sanitario que integra el lavabo y el escusado para utilizar el agua residual del primero en el segundo. Debido a que es un modelo de diseñador es muy costoso, pero se pueden hacer diseños personalizados con menos dinero.	78	pieza	1		
					\$1,500.00	\$1,500.00
		Página web	http://www.whirlpool.com			
		notas:	Precio convertido de euros en marzo de 2011			
MOBILIARIO	PERFECT FLUSH - BRONDELL					
	Sistema que se puede adaptar a los cualquier W.C. para regular la descarga de agua.	78	pieza	1	\$2,016.00	\$2,016.00
		Página web	http://www.brondell.com			
		notas:	Precio convertido de euros en marzo de 2011			
MOBILIARIO	MINGITORIO CP-5001					
	Mingitorio que no requiere el uso de agua para su funcionamiento, el uso de este mobiliario reduce la cantidad de agua utilizado en un sanitario.	0	pieza	1	\$3,100.00	\$3,100.00
		Página web	http://www.cuidatumundo.com			
		notas:	Existe una gran variedad de modelos y precios			



AGUAS NEGRAS Y JABONOSAS (TERCER USO)							
FILTRO	BIODIGESTOR -ROTOPLAS						
	<p>Este es el último filtro de agua que tiene, proporcionara agua apta para el riego de vegetación e infiltrara el agua que no sea utilizada sin ningún tipo de daño al subsuelo.</p>	144	pieza	1	\$4,805.94	\$4,805.94	
		Página web		http://www.rotoplas.com			
		notas:					
RIEGO	MINGITORIO CP-5001						
	<p>Sistema de riego por goteo que contiene todos los elementos necesario para instalarse en cualquier lugar que cuente con una toma de agua y un jardín</p>	0	pieza	1	\$3,175.20	\$3,175.20	
		Página web		http://www.blumat-spain.com			
		notas:		Precio convertido de euros en marzo de 2011			
TOTAL					\$62,845.64		

Tabla 48.- Costo de los productos tecnológicos y las estrategias aplicados en el modelo de gestión de agua. Fuente: Propia derechos reservados.

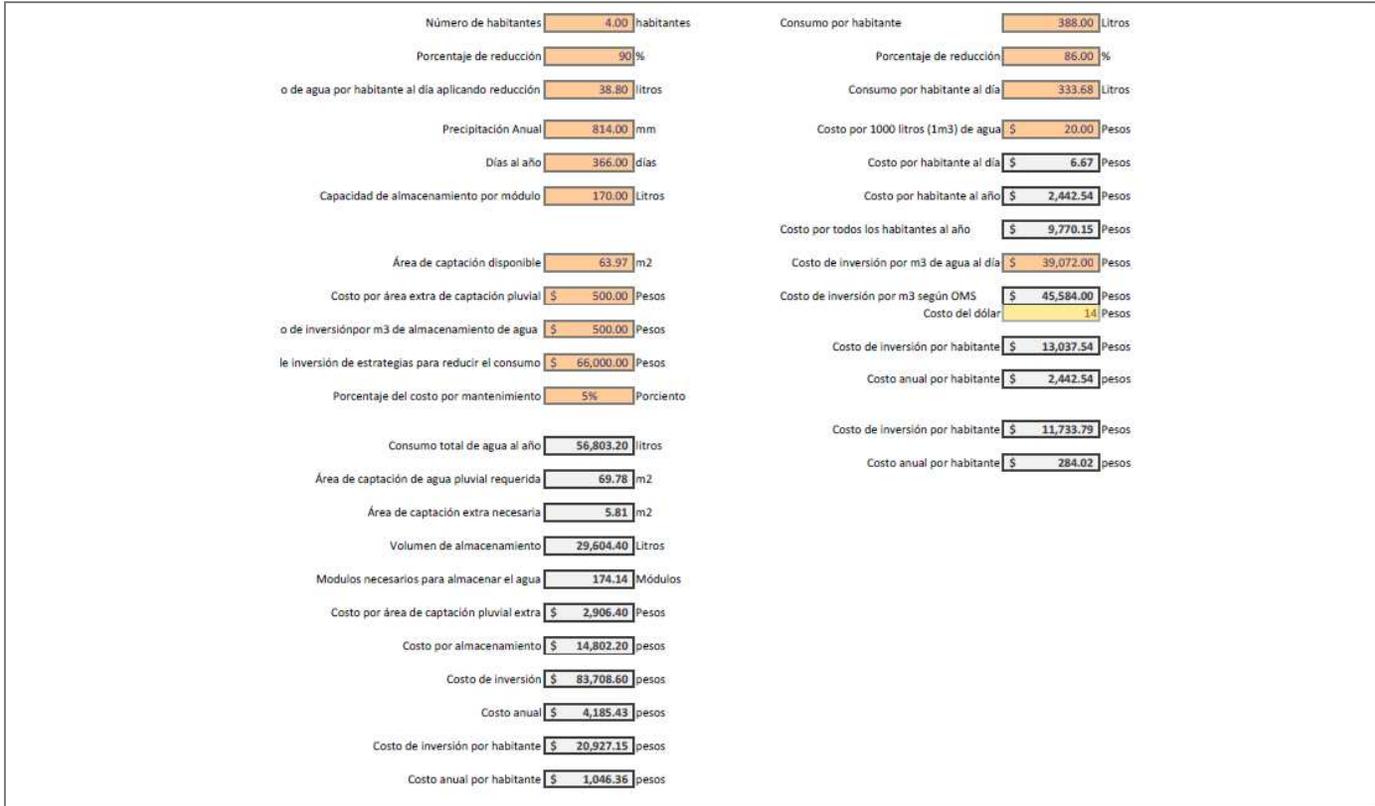


Tabla 49.- Variables que se obtienen de datos presentados y obtenidos a lo largo de esta investigación y que representan con cifras duras los costos de la gestión de agua en el rubro urbano arquitectónico. Fuente: Elaboración propia, con base a todos los datos mostrados a lo largo de esta investigación. Derechos reservados

Se puede observar que el precio total de las estrategias y productos tecnológicos para poder abastecer constantemente de agua a una vivienda con cuatro habitantes es de 62,845.64 pesos mexicanos. A partir de eso se pueden comparar los distintos gastos que deben de realizar tanto los habitantes como los organismos públicos.

Este análisis se basará en lo propuesto por Soto Montes de Oca (2007), acerca del costo económico del agua, quien menciona que ésta inversión, se relaciona con tres diferentes costos que incurren para poder abastecer una vivienda; costo directo, costo de oportunidad y el costo por externalidades

**Costo total = costo directo + costo de oportunidad
+ costo por externalidades**

El costo directo del sistema de abasto público tiene los siguientes componentes (Noll, 2002): capturar y almacenar el recurso natural (desviación, almacenamiento y pozos), transportar el agua hacia las áreas donde se demanda (acueductos y tuberías),

tratar el agua para mejorar su calidad, entregar el agua a los usuarios (tuberías y tomas), deshacerse del agua residual a través de sistemas adecuados (servicios sanitarios) y tratar las aguas residuales. Estos componentes requieren inversiones fijas de largo plazo en bienes de capital. Esto significa que la mayoría de las inversiones antes mencionadas tienen una vida útil larga y por ello implican un componente de depreciación menor. En este tipo de infraestructura, los costos de capital fijos generalmente son mucho mayores que los costos variables; los costos variables más importantes en los sistemas de agua son la energía consumida por los equipos de bombeo y purificación, la reparación y el mantenimiento de la red y los servicios asociados con mercadotecnia, monitoreo y cobro.

Tomando como referencia varios proyectos financiados por el Banco Mundial en diferentes países, se estimó que en algunas ciudades el costo directo del m³ de agua se duplica conforme se ofrece una opción mejorada o bien se tiene que acceder a una fuente externa. Teniendo así que se invierten

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

alrededor de 200 dólares por m³ de agua potable y 3056 en drenaje y tratamiento.

Lo anterior hace referencia solo al costo directo del servicio, por lo que falta tratar el costo de oportunidad y el costo por externalidades.

El costo de oportunidad ocurre cuando un consumidor urbano por ejemplo, afecta el agua de otro consumidor (como lo que ocurre con el Distrito Federal y el río Cutzamala) En un ambiente de mayor escasez y más competitivo, el costo de oportunidad del agua puede ser sustancialmente mayor que el de abastecerla.⁴⁹ Aunque para este caso no se tiene una cifra correcta no será necesario ya que el modelo de gestión no incurre en este gasto.

El último costo, que es el de las externalidades, se trata básicamente de los efectos negativos que se generan en los ecosistemas debido a la explotación y contaminación de estos; ya que se necesitan proveer

⁴⁹ Soto, Gloria (2007). Agua: tarifa, escases y sustentabilidad en las mega ciudades. SACM. Primera edición. México.

distintos servicios tales como cambios de pendientes en terrenos, creación de presas, tratamiento de aguas, entre muchos otros.

Tomando en cuenta estas consideraciones, para calcular el costo (solo directo) de la dotación de servicios de agua potable y alcantarillado a las ciudades, se dispone a hacer una comparación entre el modelo de gestión y lo mencionado anteriormente.

Para el costo directo, se manejó según las inversiones del Banco Mundial en distintos países, una inversión anual por habitante de 200 dólares por m³ de agua potable y 3056 dólares por m³ de agua residual, lo que hace un total de 3256 dólares por m³ de agua. Se mencionó en el capítulo 4, que un habitante del Distrito Federal requiere normalmente al día 338 litros es decir 0.388m³, por lo que para un habitante el costo de inversión es de:

$$0.388\text{m}^3 \times 3256 \text{ dólares} = 1,263.33 \text{ dólares}$$

Por tanto, la inversión inicial por habitante es de 1,263.33 dólares es decir de 14,780.00 pesos⁵⁰, además, se tiene que agregar el costo por m³ real del agua extraída de los mantos acuíferos que oscila en México en 23.00⁵¹ pesos por metro cúbico, por lo que al año sería un costo por habitante de:

$$0.388\text{m}^3 \text{ al día} \times 366 \text{ días} \times 23 \text{ pesos} = 3,266.184 \text{ pesos al año.}$$

Se tiene un gasto solo de dotación de agua potable de 3266.184 pesos al año. Sería adecuado tener la cifra del gasto por m³ de aguas residuales, el cual es más costoso que el de agua potable, pero debido a que no se tiene ninguna fuente de información al respecto, se maneja solo la primera cantidad.

El precio del modelo de gestión de agua en la arquitectura es de 62,845.64 pesos por cuatro habitantes por lo que por habitante sería:

$$62,845.64 \text{ pesos} / 4 \text{ habitantes} = 15,711.41 \text{ pesos}$$

Es decir, se tiene un gasto inicial por habitante de 15,711.41 pesos mexicanos y un porcentaje del 5% anual por motivos de mantenimiento.

$$\$15,711.41 \times 0.05 = \$785.57$$

Por lo que a continuación se comparan en una tabla la inversión de la arquitectura del agua, contra los modelos públicos tradicionales, a lo largo de 10 años.

192 <<<

⁵⁰ Basado en el tipo de cambio del 15 de mayo de 2011, 11.70 pesos mexicanos por dólar. Fuente: Bancomer

⁵¹ Fuente: Diario Milenio, basado en el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

i

c1

c2

c3

c4

c5

c6

c

Año	Arquitectura del agua	Inversiones Tradicionales
Ini	\$ 15,711.41	\$ 14,780
1	\$ 785.57	\$ 3266.184
2	\$ 785.57	\$ 3266.184
3	\$ 785.57	\$ 3266.184
4	\$ 785.57	\$ 3266.184
5	\$ 785.57	\$ 3266.184
6	\$ 785.57	\$ 3266.184
7	\$ 785.57	\$ 3266.184
8	\$ 785.57	\$ 3266.184
9	\$ 785.57	\$ 3266.184
10	\$ 785.57	\$ 3266.184
Res	\$23,567.11	\$47,442.00

Tabla 50.- Comparación de inversiones por habitante: arquitectura del agua – sistemas tradicionales, a lo largo de diez años. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados

Por tanto se tiene que existe una diferencia de capital en 10 años (sin considerar el manejo de aguas residuales) de:

$$\$47,442.00 - \$23,567.11 = \$ 23,874.89$$

Por tanto se tiene que existe una diferencia por habitante en 10 años de 23,874.89 pesos, por lo que si se multiplica por la cantidad de habitantes que existen en el distrito federal que son 8,851,080 hab representaría el siguiente ahorro:

$$\begin{aligned} \$ 23,874.89 \times 8,851,080 \text{ hab}^{52} = \\ \$211,318,561,381.20 \end{aligned}$$

Al aplicar un modelo adecuado de gestión de agua en el distrito federal, se tendría un ahorro en el costo directo del agua en 10 años de **\$211,318,561,381.20** pesos mexicanos. Por lo que cada año representa una cifra de:

$$\begin{aligned} \$211318561381.20 / 10 = \\ \$21131856138.12 \end{aligned}$$

Por lo tanto se presentaría un superávit de capital por año de \$21,131,856,138.12 pesos mexicanos tan solo en el Distrito Federal.

⁵² Población en el Distrito Federal, según el censo de población y vivienda 2010 realizado por el INEGI

Como se mostró dentro de los tres costos, el modelo de gestión de agua implementado en esta investigación solo hace uso del primero, el costo directo; ya que el segundo (costo de oportunidad) que se refiere básicamente, el despojar a un habitante del agua de su región para satisfacer a otro, no existe; ni tampoco el del costo por externalidades, ya que no genera ningún impacto negativo sobre fuentes acuíferas, por lo tanto no se debe realizar ninguna gasto para reparar el daño.

Por tanto se muestra claramente la factibilidad económica de aplicar el modelo de gestión de agua a la arquitectura, ya que además de repercutir en un menor costo directo, el costo de oportunidad y el costo por externalidades son inexistentes, por lo que se presentaría otro ahorro económico aún mayor. Además cabe mencionar, que los sistemas tradicionales de abastecimiento de agua, a veces no aseguran la calidad del agua, ni tampoco el abastecimiento constante del líquido, por lo que serían otros dos puntos a favor de la arquitectura del agua aplicada en esta investigación.

En el caso de las zonas que cuentan con servicios de agua potable y saneamiento, se ha visto la factibilidad económica de invertir en la arquitectura del agua. Ahora se verá el tema de las zonas donde no se cuentan con accesos a los servicios municipales y las familias tienen que recurrir a la compra de agua, que es abastecida por medio de pipas particulares, por lo que se realizará el cálculo de cuanto se gastaría en pipas de agua, para que el líquido ofrezca una buena calidad de vida y satisfaga a totalmente todas sus necesidades.

Se tiene un consumo por habitante al año de 142 m³, por lo que para cuatro habitantes sería:

$$142\text{m}^3 \times 4 \text{ hab} = 568 \text{ m}^3$$

Una pipa de agua normalmente tiene capacidad para 3.5 m³, por lo que se necesitaría la siguiente cantidad de pipas para cumplir con la dotación.

$$568 \text{ m}^3 / 3.5 = 163.28 = 164 \text{ pipas}$$

Se necesita una cantidad de 164 pipas al año para poder garantizar el agua en una vivienda sin servicios

de municipales de agua potable, cada pipa tiene un precio de \$ 250 pesos mexicanos⁵³, por lo que incurriría en un costo de:

$$164 \text{ pipas} \times \$250 \text{ pesos} = \$41,000 \text{ pesos anuales}$$

$$\$41,000 / 4 \text{ habitantes} = \$10,250.00/\text{hab.}$$

Se requeriría una cantidad de 41,000 pesos anuales para que los cuatro habitantes de una vivienda (10,250.00 por habitante al año), gozaran de una buena calidad de vida respecto al recurso agua y pudieran satisfacer sus necesidades sin ninguna restricción. Al tratarse de una gran suma de dinero, la realidad es que la mayoría de las personas no satisfacen sus necesidades hídricas al 100%, por lo que padecen constantemente enfermedades y otras consecuencias. En la siguiente tabla se puede apreciar la inversión de los dos sistemas, tanto el de la arquitectura del agua como el de pipas de abastecimiento a lo largo de 10 años.

⁵³ Precio obtenido de pipas de agua en Chilpancingo, Guerrero, en abril de 2011.

Año	Arquitectura del agua	Pipas de agua
Ini	\$ 15,711.41	0
1	\$ 785.57	\$ 10,250.00
2	\$ 785.57	\$ 10,250.00
3	\$ 785.57	\$ 10,250.00
4	\$ 785.57	\$ 10,250.00
5	\$ 785.57	\$ 10,250.00
6	\$ 785.57	\$ 10,250.00
7	\$ 785.57	\$ 10,250.00
8	\$ 785.57	\$ 10,250.00
9	\$ 785.57	\$ 10,250.00
10	\$ 785.57	\$ 10,250.00
Res	\$23,567.11	\$102,500.00

Tabla 51.- Comparación de inversiones por habitante: arquitectura del agua – pipas de agua, a lo largo de diez años.

Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados

La tabla anterior nos muestra que se tiene el siguiente ahorro por habitante a lo largo de diez años, al optar por la arquitectura del agua.

$$102,500.00 - 23567.11 = \$78,932.89$$

El ahorro que se presenta sería de \$78,932.89 pesos mexicanos por usuario en diez años.

Como se ha visto a lo largo de esta perspectiva económica – administrativa, pueden existir diversos métodos de inversión, como el caso de la arquitectura del agua, que pueden ser más viables que los sistemas tradicionales, que además de ser mayormente costosos, tienen repercusiones sociales y ambientales. Es muy común darse cuenta que en muchas zonas de las ciudades, el abastecimiento de agua proporcionado por estos sistemas es muy intermitente, lo que puede producir stress a los habitantes⁵⁴ y altera enormemente sus actividades diarias y su higiene. Además la calidad con la que el agua llega a algunos hogares es pésima, por lo que es muy riesgoso utilizarla de primera instancia sin ningún tratamiento.

Las problemáticas ambientales que ocasionan los sistemas actuales de abastecimiento de agua, son enormes, ya que desecan todas las fuentes acuíferas de donde extraen el agua, y contaminan los mantos donde se vierten las aguas residuales, por esta razón es necesario exponer una perspectiva ecológica y una perspectiva social, las cuales se desarrollan a continuación

Perspectiva ecológica

Haber basado el modelo de gestión de agua en la arquitectura, en la integración del objeto arquitectónico al ciclo natural del agua (captar el agua pluvial, aprovecharla, reutilizarla e infiltrarla al suelo sin contaminantes o hacer que se evapore); es una gran forma de enfrentar y resolver las problemáticas ambientales que causan los sistemas tradicionales de dotación de agua potable y saneamiento, que son citados a continuación:

“Los enormes volúmenes de agua y la infraestructura a gran escala que se requieren para cubrir la demanda de la población, han excedido la capacidad de los gobiernos para

⁵⁴ Holahan, Charles (2010). Psicología ambiental. Edit. Limusa. México.

abastecer a todos los hogares, y también han generado costos por externalidades ambientales relacionados con la escasez del recurso, contaminación de cuerpos de agua, afectación de los ecosistemas, entre otros". (Soto Montes de Oca; 2007).

"Desde tiempos de la colonia y sobre todo durante el siglo XX, la modificación del sistema de drenaje de la cuenca de México, así como la excesiva extracción de agua subterránea desde la década de 1930, han ejercido una influencia significativa en el comportamiento de las arcillas lacustres y las condiciones del equilibrio hidráulico en los estratos inferiores de los sedimentos de la cuenca. El efecto principal de estos cambios es el hundimiento, que también está relacionado con la fracturación y el deterioro de la calidad del agua" (Mazari; 2006).

Podemos concluir que básicamente los problemas principales derivados de la situación ambiental son: a) la sobreexplotación de las fuentes acuíferas naturales; b) la contaminación de estos mantos hídricos; y c) La erosión o desertificación de los mantos terrestres.

El modelo de gestión en la arquitectura, vuelve a mostrar una ventaja más de su aplicación, y es la de no alterar las fuentes naturales de agua y también no contaminarlas con aguas residuales, por lo tanto no genera la erosión del suelo, resolviendo así las tres grandes problemáticas ambientales que se generan por dotar de agua al ser humano.

Personalmente, se considera que el fin último de muchas de las investigaciones con tema en la sustentabilidad, radica en brindarle una buena calidad de vida al ser humano, pero no solo en el instante en el que acontece su existir, si no a lo largo de la vida de todos sus descendientes, es por eso que respetar la naturaleza es primordial para poder lograr esta meta.

Perspectiva social

De la misma forma que en la perspectiva ecológica se citarán varios de los principales problemas que se presentan en cuanto al ser humano y agua se refieren y se observará si la arquitectura del agua satisface estas cuestiones:

"El hecho de que las poblaciones rurales indígenas no puedan competir con las áreas urbanas en términos de influencia política, no justifica que las políticas, instituciones y gasto público se dediquen básicamente a atender las necesidades de ciertas zonas del país" (Tortajada; 2004)

"La calidad del agua representa uno de los problemas ambientales más críticos generados por la expansión urbana. En riesgo por las múltiples y diversas fuentes de contaminación, así como por la explotación excesiva de los sistemas de agua subterránea, la calidad de agua es un problema controvertido y mal comprendido". (Soto Montes de Oca; 2007).

"La gestión, distribución y saneamiento del agua es un tema delicado en México, toda vez que 12 millones de mexicanos carecen del servicio de agua potable, y 23

millones están desprovistos de sistemas adecuados de saneamiento. La situación más grave se detecta en el medio rural, donde las coberturas de agua potable y alcantarillado son de 68 y 36.7% respectivamente." (Montero;2009).

"El abastecimiento de agua potable es, sin lugar a dudas, uno de los servicios públicos más importantes en áreas urbanas; sin embargo, es común observar deficiencias en su suministro en la mayoría de los países en desarrollo y aun en los desarrollados. El problema es grave porque afecta a millones de personas y significa altos costos para el sector público y los hogares que no tienen acceso a un servicio adecuado". (Soto Montes de Oca; 2007).

Se puede observar que en cuanto a la cuestión social se presentan distintos problemas principales como: a) La falta del servicio a toda la población; b) La intermitencia del servicio; y c) La mala calidad del agua potable.

El modelo de gestión de agua en la arquitectura implementado en esta investigación, puede ser una alternativa más viable para enfrentar las problemáticas sociales del agua, en primer lugar y

tocando el punto “a” La falta del servicio a la población se debe principalmente, a que es muy complicado transportar demasiados kilómetros el agua de su origen por medios artificiales, complicación que se traduce en costos económicos, además, para realizar un obra de esa magnitud, hace falta que el beneficio lo reciban múltiples personas y así poder hacer valer la inversión. En el caso de la arquitectura del agua, no es vital que exista una población numerosa para realizar la inversión, ya que se realiza de forma individual y no se necesita transportar el agua de forma artificial. Por lo que se puede aplicar a todas las comunidades lejanas de los principales centros de población, y como se ha visto, este sistema al tener un precio menor que los modelos tradicionales, repercute en que se pueden atender más casos con la misma cifra monetaria, lo que garantiza el agua y el saneamiento para una mayor cantidad de población.

El modelo de gestión de agua esta calculado para que pueda abastecer de agua constantemente y sin falta alguna a los habitantes de la vivienda, por lo que

resolvería otro de los conflictos sociales referidos al punto “b”, la intermitencia del servicio.

Por último los productos tecnológicos implementados en el modelo de gestión de agua en la arquitectura, garantizan la adecuada calidad del líquido, para utilizarla en las distintas actividades que se presentan en el objeto arquitectónico, proporcionado salud y bienestar a sus usuarios, por lo que el último punto el “c”, que se refiera a calidad de agua queda resuelto.

>>> 199

El rumbo de la arquitectura del agua ■

Se ha visto a lo largo de esta investigación, que existen problemáticas que se resumen en tres aspectos: el social, que deriva en la mala calidad de vida que llevan los habitantes debido al agua; el ecológico, que se basa en la contaminación y sobrexplotación de los mantos acuíferos; y el económico – administrativo, que se refiere a los

problemas monetarios debido a la mala administración de los recursos hídricos.

Se encontró que la solución a estas problemáticas radicaba en ver con un enfoque integral y holístico la gestión del agua, es decir, que se deben llegar a soluciones hechas a partir de la multi-disciplina, donde todas deben de aportar alguna medida y más aún, las que tienen un gran amplio campo de acción.

A partir de lo anterior se buscó conocer, cuál era el campo de acción del arquitecto en esta gestión integral del agua. Se encontró que el arquitecto tiene una gran responsabilidad con el manejo de los recursos hídricos, ya que en las ciudades, el 97% del agua, se consume en el abastecimiento público, es decir, la arquitectura.

Posteriormente, se indago en saber cómo estaba siendo la participación del arquitecto, es decir, como manejaba el agua en sus diseños, desafortunadamente se descubrió, que lo estaba haciendo erróneamente, ya que en el caso de la ciudad de México, en zonas donde existe mayor

influencia del arquitecto, es donde se presentaba un mayor consumo del agua.

A partir de esos hallazgos, es donde se abre el camino del arquitecto para contribuir a un manejo adecuado del agua. Por tanto, se mostraron algunos de los elementos a los que el arquitecto puede recurrir, donde la base, es el utilizar el agua como elemento de diseño arquitectónico.

Para demostrar como el arquitecto puede abordar la problemática del agua, se elaboró y se aplicó un modelo de gestión de agua en una vivienda. Al término de esta implementación, se encontró que llegar a la sustentabilidad hídrica, con base a la captación de agua pluvial, es totalmente factible, ya que se solucionan de forma íntegra, la cuestión social, la ecológica y la económica.

Lo que es importante señalar aquí, es que, el modelo aplicado en esta investigación, no es el único al que se puede recurrir, si no que, a partir de todos los elementos que existen actualmente, junto con la capacidad del arquitecto, el camino queda abierto

para grandes propuestas, ya que, la forma en la que el arquitecto gestiona el agua, es a través del diseño y en todos los casos, cada persona es un universo de diseños y por tanto de soluciones.

COMPARATIVA DE COSTOS DE SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA PARA UNA VIVIENDA EN EL D.F.

Arquitectura del agua										
Inversión inicial por habitante		\$ 20,927.15								
Costo anual por habitante		\$ 1,046.36								
Este modelo esta basado en la captación de agua de lluvia y la implementación de estrategias, técnicas y tecnologías del agua, que logran una mayor eficiencia en el consumo de agua.										
1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO	
\$ 21,973.51	\$ 23,072.18	\$ 24,170.86	\$ 25,269.53	\$ 26,368.21	\$ 27,466.88	\$ 28,565.56	\$ 29,664.24	\$ 30,762.91	\$ 31,861.59	
Sistema Tradicional										
Inversión inicial por habitante		\$ 13,037.54								
Costo anual por habitante		\$ 2,442.54								
Este sistema se refiere a la forma actual en la que la mayor parte de la ciudad de México satisface su necesidad de agua, es decir, extrayendola de mantos naturales acuíferos externos y distribuyendola										
1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO	
\$ 15,480.08	\$ 18,044.75	\$ 20,609.41	\$ 23,174.08	\$ 25,738.74	\$ 28,303.40	\$ 30,868.07	\$ 33,432.73	\$ 35,997.40	\$ 38,562.06	
Sistema Mixto										
Inversión inicial por habitante		\$ 11,733.79								
Costo anual por habitante		\$ 284.02								
Este sistema representa una mezcla entre los dos modelos anteriores es decir, extrayendo el agua de mantos acuíferos externos, aplicando estrategias, técnicas y tecnologías del agua para lograr la reducción de consumo del líquido.										
1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO	6 AÑO	7 AÑO	8 AÑO	9 AÑO	10 AÑO	
\$ 12,017.81	\$ 12,316.02	\$ 12,614.24	\$ 12,912.46	\$ 13,210.67	\$ 13,508.89	\$ 13,807.11	\$ 14,105.32	\$ 14,403.54	\$ 14,701.76	

>>> 201

Tabla 52.- Comparación de inversiones por habitante con los dos distintos sistemas de gestión de agua el tradicional y el propuesto en esta investigación a lo largo de diez años, concluyendo con un sistema mixto como mejor opción presente. Fuente: Elaboración propia, con base a todos los datos mostrados a lo largo de esta investigación. Derechos reservados

CARPE DIEM

202 <<<

¡HAZ DE CADA INSTANTE COMO SI FUERA EL ÚLTIMO!

BIBLIOGRAFIA

Anaya Manuel (1998). "Sistemas De Captación De Agua De Lluvia Para Uso Doméstico En América Latina Y El Caribe". IICA. México.

Audefroy Joel (2003), "La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina", Págs. 54-73 en Boletín del instituto de vivienda, Mayo, año/vol. 18 N° 047, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Basán, Mario (2007). "Manejo De Los Recursos Hídricos En Zonas Áridas Y Semiáridas Para Áreas De Secano". Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria. Argentina.

Beck Ulrich (2007), "El cambio climático y la justicia ambiental", Sección Opinión, Periódico El país, Madrid, España.

Biswas, Asit; Tortajada Cecilia. (2009). "Water Management In 2020 And Beyond". Ed. Springer. Alemania.

Brooks B., David(2004), "Agua, Manejo A Nivel Local". Ed. Alfaomega. Colombia

Clive, Ponting (1992). "La Historia Verde Del Mundo", Ed. Paidós. España.

Dehays Rocha Jorge (2002), "Fenómenos naturales, concentración urbana y desastres en América Latina", Págs. 177 - 206. En revista de Perfiles latinoamericanos, junio N° 020, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, D. F. México.

Engels. F., *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, págs. 23. Editorial Parcifal, México, D.F.,

Gorski D. P., Tavants P. V., (1970) *Lógica*, Págs. 193 a la 240. Ediciones Grijalbo, México D. F.

Haselbach, Liv.(2008). "The Engenering, Guide To Leed New Construction". Ed. Mc Graw Hill. U.S.A.

Herzer Hilda Maria (2003), "Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana", Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Jiménez, Blanca. Marin, Luis.(2005) "El Agua En México Vista Desde La Academia." Academia Mexicana De Ciencias. México.

Martinez, Julia, Fernández Adrian (2004). "Cambio climático, una visión desde México". SEMARNAT, INE. México, D.F.

Michelli, Jordi. Política Ambiental en México y su Dimensión Regional. Págs. 130 - 134. En Región y sociedad, vol. XIV, no. 23. 2002.

Montero, Delia; Et Al. (2009) "Innovación Tecnológica Cultura Y Gestión Del Agua". Ed. Miguel Ángel Porrúa, México.

Musset Alain, "Mudarse o desaparecer, traslado de ciudades hispanoamericanas y desastres (siglos XVI-XVIII)" págs. 41-69. en García Acosta Virginia (1996), *El estudio histórico de los desastres*, Tercer mundo Editores, Colombia,

Oyama Ken, Castillo Alicia. Manejo (2006), "Conservación Y Restauración De Los Recursos Naturales En México". Ed. Siglo XXI, UNAM. México.

Peña, Alejandra.(2009). "Una Revisión Crítica De La Crisis De Agua En México". Tesis Doctorado En Geografía, Facultad De Filosofía, UNAM.

Pliego, Sandra.(2009) "La Sustentabilidad Como Factor Indispensable En La Vivienda De La Ciudad De México". Facultad De Arquitectura, Maestría En Arquitectura Campo De Tecnología, Unam, México.

Rodríguez Alfredo Eduardo (1990), "Desastres urbanos, fenómenos no naturales", Pág. 11 Instituto Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo, Buenos Aires, Argentina.

Sassi, Paola(2006). "Strategies For Sustainable Architecture". Ed. Taylor And Francis. U.S.A.

SEMARNAT.(2010) "Estadísticas Del Agua En México".2010. CONAGUA, México.

Soto, Gloria(2007) . "Agua: Tarifas Y Sustentabilidad En Las Megaciudades". Sistemas De Agua De La Ciudad De México. México

Spengler, Oswald.(1931). "El Hombre Y La Técnica". Alemania.

The World Bank (2004). "Water Resources Sector Strategy, Strategic Directions For World Bank Engagement". E.U.A

Tortajada, Cecilia; Guerrero Vicente; Sandoval, Ricardo. (2004). "Hacia Una Gestión Integral Del Agua En México: Retos Y Alternativas". Ed. Miguel Ángel Porrua. México.

Tortajada, Cecilia. "El Agua Y El Medio Ambiente En Las Conferencias Mundiales De Las Naciones Unidas". Ayuntamiento De Zaragoza. España.

Tortajada Cecilia, "Intentos Del Nuevo Milenio Hacia El Desarrollo Sostenible". Ayuntamiento De Zaragoza, España.

Tortajada, Cecilia (2006). "Who Has Access To Water". Third World Centre For Water Management. México.

Wilhite, Donald (2005). "Building And Designing With Water". Ed. Birkhauser. Alemania.

White, Rodney(2002). "Building The Ecological City". Ed. Woodhead, Inglaterra.

Fuentes Digitales

<http://www.waterless-rinals.com/products.htm> **South Pacific Waterless Products. Waterless urinals.** 10 Abril 2010

<http://www.aquapedia.es/el-ciclo-integral-del-agua.php>. **El ciclo Integral del agua.** 10 Abril 2010

<http://www.h3ar.pl/> **H3AR. Architecture & Design.** 10 Abril 2010

Desarrollo Sostenible. Wiki Pedía
http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible Octubre 2009.

Primer Mundo. Wiki Pedía
http://es.wikipedia.org/wiki/Primer_mundo, Octubre 2009.

Red de abastecimiento de agua potable. Wiki Pedía
[http://es.wikipedia.org/wiki/Red de abastecimiento de agua potable](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable) Octubre 2009.

Crisis. Wiki Pedía,
<http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis> Octubre 2009

<http://www.monografias.com/trabajos/tprodcost/tprodcost.shtml> **Teoría de la producción y los costos** Noviembre 2009

http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/produccion1/tema2_3.htm **Costos de Producción** Noviembre 2009

[http://centros6.pntic.mec.es/altogvad/Departamentos/matematicas/3ESPAD/\(FORMULARIO%20DE%20GEOMETRIA\).pdf](http://centros6.pntic.mec.es/altogvad/Departamentos/matematicas/3ESPAD/(FORMULARIO%20DE%20GEOMETRIA).pdf) **Formulas Geométricas** Noviembre 2009

<http://www.vitutor.net/1/43.html> **Formulas de formas y figuras geométricas** Noviembre 2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/Volumen> **Volumen** Noviembre 2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/Acabado> **Acabados** Noviembre 2009

<http://www.monografias.com/trabajos70/acabados-superficiales-fisico-quimicos/acabados-superficiales-fisico-quimicos2.shtml#conceptosa> **Acabados** Noviembre 2009

<http://www.renovetec.com/indicadores.html> **Mantenimiento** Noviembre 2009

<http://www.miespacio.org/cont/aula/ciclo.htm>. **Ciclo de Vida** *Noviembre 2009*

<http://www.marketing-xxi.com/extension-del-ciclo-de-vida-del-producto-43.htm> **Ciclo de vida del producto** Noviembre 2009

<http://es.wikipedia.org/wiki/Transporte> **Transporte** *Noviembre 2009*

http://www.gusgsm.com/espacio_color_cielab **Espacio Color** Noviembre 2009

http://es.wikipedia.org/wiki/Variable_dependiente **Variable Dependiente** *Noviembre 2009*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Prospección> **Prospección** *Noviembre 2009*

REVISTAS Y PERIÓDICOS

El país de los tinacos, diario La Nación, México D.F. 05 de Octubre de 2009.

Peter Krieger, ¿Qué futuro?, Perspectivas para la Ciudad de México. Bitácora Arquitectura. Número 8, Facultad de Arquitectura UNAM, Oct. Dic. 2002

Norrie Hunter, Greening the golden desert. Working with water, information and solution for water management. Volume 2, Issue 3. Septiembre 2009

SUMARIO DE TABLAS

Número	Descripción	Localización
Tabla 1	Viviendas de interés social predominantes en México. Fuente: Ortega, Ana Lilia 2009. Reproducción con fines académicos	<i>página</i> 80
Tabla 2	Precipitación pluvial de Baja California Sur desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua	<i>página</i> 89
Tabla 3	Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i> 90
Tabla 4	Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 90
Tabla 5	Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes en Baja California Sur. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 91
Tabla 6	Cantidad de agua pluvial que se puede captar en Baja California Sur con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 92
Tabla 7	Litros de agua necesarios al mes para una vivienda familiar de 4 habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 93
Tabla 8	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 94
Tabla 9	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 95
Tabla 10	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i> 96

>>> 207

Tabla 11	Distribución de consumo de agua para una persona en una vivienda. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Organización Mundial de la Salud. .	<i>página</i>	97
Tabla 12	Aplicación del factor de reducción a los diferentes consumos de agua. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Organización Mundial de la Salud. .	<i>página</i>	98
Tabla 13	Cantidad de agua pluvial que se puede en Baja California Sur con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	99
Tabla 14	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	100
Tabla 15	Precipitación pluvial media de la República Mexicana desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.	<i>página</i>	101
Tabla 16	Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada con la precipitación media anual mexicana. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	101
Tabla 17	Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	102
Tabla 18	Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes con la precipitación media anual mexicana. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	102
Tabla 19	Cantidad de agua pluvial que se puede captar con la precipitación media anual mexicana con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	103
Tabla 20	Cantidad mensual de agua necesaria para abastecer una vivienda modular para cuatro habitantes, con diferentes consumos. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	103
Tabla 21	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial con la media mexicana y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	104
Tabla 22	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	105

Tabla 23	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	106	
Tabla 24	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	107	
Tabla 25	Precipitación pluvial media del estado de Tabasco desde 1945 hasta 2005. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.	<i>página</i>	108	
Tabla 26	Cantidad de agua pluvial que puede ser cosechada con la precipitación media del estado de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	109	
Tabla 27	Consumos de agua en una vivienda modular para cuatro habitantes. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	109	
Tabla 28	Superficie de construcción necesaria para abastecer los distintos consumos de una vivienda modular para 4 habitantes con la precipitación media anual de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	111	
Tabla 29	Cantidad de agua pluvial que se puede captar con la precipitación media anual de Tabasco con las distintas superficies. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	111	>>> 209
Tabla 30	Cantidad mensual de agua necesaria para abastecer una vivienda modular para cuatro habitantes, con diferentes consumos. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	111	
Tabla 31	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial con la media anual del estado de Tabasco y el consumo es mínimo. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	111	
Tabla 32	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es promedio, con base en la precipitación pluvial del estado de Tabasco. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	112	
Tabla 33	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es elevado, con base en la precipitación pluvial del estado de Tabasco. Fuente:	<i>página</i>	113	

	Elaboración propia. Derechos reservados.		
Tabla 34	Déficit de abastecimiento de agua durante un año, para una vivienda modular para 4 habitantes, donde la fuente del líquido es la cosecha de agua pluvial y el consumo es eficiente. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	114
Tabla 35	Litros de agua máximos para almacenar y superficie de recolección necesaria, con base en un sistema de cosecha pluvial, teniendo en cuenta distintas precipitaciones. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	115
Tabla 36	Precipitaciones pluviales medias registradas en la ciudad de Chilpancingo, Guerrero. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados	<i>página</i>	130
Tabla 37	Consumo de agua en una vivienda, factor elevado. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados	<i>página</i>	131
Tabla 38	Consumos habituales de agua en una vivienda de cuatro habitantes. Para realizar el cálculo se tomaron en cuenta mediciones de fabricantes de mobiliario y frecuencia de uso y tiempo promedio de las personas, se utilizan estos mismos parámetros de medición para el ejercicio de la aplicación de la Arquitectura del Agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	139
Tabla 39	Activos que emplean agua de primer uso. Fuente: Elaboración propia.	<i>página</i>	140
Tabla 40	Activos que emplean agua de segundo uso. Fuente: Elaboración propia	<i>página</i>	140
Tabla 41	Activos que emplean agua de tercer uso. Fuente: Elaboración propia	<i>página</i>	141
Tabla 42	Estrategias, técnicas y tecnologías a aplicar para la reducción del consumo de agua en la vivienda. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	146
Tabla 43	Calculo de los consumos de agua en el activo "regadera". Fuente: Elaboración propia.	<i>página</i>	148
Tabla 44	Consumos, aplicando estrategias, técnicas y tecnologías. Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	149
Tabla 45	Consumo por mes utilizando un gasto de 135.5 litros por habitante al día. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua. Derechos reservados	<i>página</i>	159
Tabla 46	Consumo por mes utilizando un gasto de 135.5 litros por los cuatro habitantes al día. Fuente: Elaboración propia. Con datos obtenidos de la Comisión Nacional del	<i>página</i>	161

	Agua. Derechos reservados		
Tabla 47	Aspectos a considerar del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Fuente: Elaboración propia. D.R.	<i>página</i>	179
Tabla 48	Costo de los productos tecnológicos y las estrategias aplicados en el modelo de gestión de agua. Fuente: Propia derechos reservados.	<i>página</i>	184
Tabla 49	Variables que se obtienen de datos presentados y obtenidos a lo largo de esta investigación y que representan con cifras duras los costos de la gestión de agua en el rubro urbano arquitectónico. Fuente: Elaboración propia, con base a todos los datos mostrados a lo largo de esta investigación. Derechos reservados	<i>página</i>	189
Tabla 50	Comparación de inversiones por habitante: arquitectura del agua – sistemas tradicionales, a lo largo de diez años. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	193
Tabla 51	Comparación de inversiones por habitante: arquitectura del agua – pipas de agua, a lo largo de diez años. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	195
Tabla 52	Tabla 51.- Comparación de inversiones por habitante con los dos distintos sistemas de gestión de agua el tradicional y el propuesto en esta investigación a lo largo de diez años, concluyendo con un sistema mixto como mejor opción presente. Fuente: Elaboración propia, con base a todos los datos mostrados a lo largo de esta investigación. Derechos reservados	<i>página</i>	201

SUMARIO DE ILUSTRACIONES

Número	Descripción	Localización
Imagen 1	Problemáticas ambientales. Fuente: http://jomayrazapataparedes.blogspot.com	<i>página</i> 3
Imagen 2	Beber agua contaminada. Fuente: http://www.ecoclimatico.com/ .	<i>página</i> 10
Imagen 3	Imagen 3.- Mantenimiento del sistema Cutzamala. Fuente: http://simasa.com.mx .	<i>página</i> 17
Imagen 4	Municipios conurbados en el D.F. Fuente: http://tvnoticias.wordpress.com	<i>página</i> 21
Imagen 5	Regiones Hidrológico – administrativas de México. Fuente SEMARNAT 2010.	<i>página</i> 38
Imagen 6	Esquema de la composición de la Gestión Integral del Agua. Fuente Propia D.R.	<i>página</i> 43
Imagen 7	Uso del Agua en México. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.	<i>página</i> 43
Imagen 8	Uso del Agua en la cuenca del Valle de México. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.	<i>página</i> 44
Imagen 9	Uso del Agua en el Distrito Federal. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.	<i>página</i> 35
Imagen 10	Resumen del uso del Agua en México, en la Cuenca del Valle de México y en el Distrito Federal, de afuera hacia dentro respectivamente. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.	<i>página</i> 36
Imagen 11	Distribución del uso del agua para el abastecimiento público urbano. Elaboración propia con datos obtenidos de Estadísticas del Agua 2010. SEMARNAT, México. D.R.	<i>página</i> 47
Imagen 12	Sanitarios estadio TSM, Fuente: Archdaily.com . Reproducción con fines didácticos	<i>página</i> 52
Imagen 13	Espejo de agua. Fuente: Archdaily.com. Reproducción con fines didácticos	<i>página</i> 55
Imagen 14	Vivienda con alberca como organizador del espacio. Fuente: Archdaily.com.	<i>página</i> 58

	Reproducción con fines didácticos.		
Imagen 15	Lavabo y escusado W+W de Roca que reaprovecha el agua residual. Fuente: roca.es	<i>página</i>	66
Imagen 16	Imagen 11.- Esquema de tratamiento de agua. Fuente: http://www.elambienteenmedio.es	<i>página</i>	67
Imagen 17	Proyecto capture de rain 3H. Fuente: Archdaily.com,	<i>página</i>	90
Imagen 18	Proyecto water cooled house. Fuente: Archdaily.com.	<i>página</i>	91
Imagen 19	Consumos de agua por habitante al día en vivienda con base en distintas referencias. Elaboración propia.D.R.	<i>página</i>	85
Imagen 20	Precipitación media anual en México desde 1941 a 2005. Fuente Servicio meteorológico nacional http://smn.cna.gob.mx .	<i>página</i>	88
Imagen 21	Factores que influyen en la Sustentabilidad Hídrica. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	118
Imagen 22	Áreas de captación. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	119
Imagen 23	Requerimientos de almacenamiento. Fuente: Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	120
Imagen 24	Localización del municipio de Chilpancingo de los Bravo. Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Reproducción con fines académicos.	<i>página</i>	124
Imagen 25	Localización de las zonas en la ciudad de Chilpancingo. Elaboración propia, D.R.	<i>página</i>	126
Imagen 26	Planta baja, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	127
Imagen 27	Planta alta, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	127
Imagen 28	Fachada Oriente, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	127
Imagen 29	Fachada Poniente, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	128
Imagen 30	Fachada Norte, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	128
Imagen 31	Imagen 31.- Fachada Sur, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	128

Imagen 32	Corte A – A', vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	128
Imagen 33	Corte B – B', vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	129
Imagen 34	Planta de Techos, vivienda modular. Elaboración propia, derechos reservados	<i>página</i>	129
Imagen 35	Opciones para garantizar el abasto de agua en una vivienda. Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	133
Imagen 36	Funcionamiento de un árbol y de la arquitectura en el ciclo hidrológico, Fuente: Propia, Derechos Reservados.	<i>página</i>	135
Imagen 37	Etapas de la gestión de agua en la vivienda, Fuente: Propia, Derechos Reservados.	<i>página</i>	136
Imagen 38	Esquema bidimensional de gestión del agua en la vivienda. Fuente: Elaboración propia.	<i>página</i>	142
Imagen 39	Esquema tridimensional de gestión de aguas en la vivienda. Fuente: Elaboración propia	<i>página</i>	143
Imagen 40	Comparación de consumos, consumo normal y aplicando un modelo de gestión de agua. Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	150
Imagen 41	Imagen 41.-Sistemas tradicionales de almacenamiento de agua. FUENTES: 1.- Guía de diseño para captación de agua de lluvia – Unidad de apoyo técnico en saneamiento básico rural. 2.- http://www.ison21.es 3.- http://www.ggsabogados.com	<i>página</i>	157
Imagen 42	Módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados	<i>página</i>	165
Imagen 43	Características del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	166
Imagen 44	Despiece del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	167
Imagen 45	Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	168
Imagen 46	Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	169
Imagen 47	Funcionamiento del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua.	<i>página</i>	170

	Elaboración propia. Derechos reservados.		
Imagen 48	Distribución del agua en el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	171
Imagen 49	Esquema de cargas en el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	172
Imagen 50	Apariencia final del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	173
Imagen 51	De color magenta se muestra la implementación del módulo multifuncional para el almacenamiento de agua en la vivienda. Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	175
Imagen 52	Vista de la vivienda sin implementar el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	176
Imagen 53	Vista de la vivienda implementando el módulo multifuncional para el almacenamiento de agua. Planta baja. Elaboración propia. Derechos reservados.	<i>página</i>	176