



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

CAMPO DEL CONOCIMIENTO: TECNOLOGÍA

ECOTECNIA PARA CAPTACIÓN Y RECICLAJE DE AGUAS PLUVIALES EN  
CASAS DE INTERÉS SOCIAL EN PACHUCA, HIDALGO

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN ARQUITECTURA –  
TECNOLOGÍA

PRESENTA  
ÁLVARO ÁVILA MORALES

TUTORA

DRA. GEMMA VERDUZCO CHIRINO  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

MEXICO D.F. NOVIEMBRE DE 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

# PROGRAMA DE MAESTRIA



## ECOTECNIA PARA CAPTACIÓN Y RECICLAJE DE AGUAS PLUVIALES EN CASAS DE INTERÉS SOCIAL EN PACHUCA. HIDALGO

ÁLVARO ÁVILA MORALES

MEXICO D.F. OCTUBRE DE 2013



JURADO

DIRECTORA DE TESIS

DRA. GEMMA L.S. VERDUZCO CHIRINO

SINODALES

DRA. DOLORES ANA FLORES SANDOVAL

DR. FIDEL SANCHEZ BAUTISTA

DR. JOSÉ DIEGO MORALES RAMIREZ

M. EN ARQ. FRANCISCO M. REYNA GÓMEZ

## *Agradecimientos a:*

*DIOS PADRE. Por la vida  
y concederme la realización de  
este Sueño.*

*Mi Hermanita Alma por sus  
palabras de aliento constantes,*

*Mis hijos Katy y Alvarito. Por  
ser mi fuerza en cada paso de mi  
vida.*

*Mi Madre Lupita. Ella es mi  
Modelo de perseverancia en la  
vida.*

*Mi esposa Lulú por su apoyo en  
el desarrollo de mi tesis.*

*La Dra. Gemma, mi directora  
de tesis, por su valiosa  
conducción e incondicional apoyo.*

Resumen.....	1
Introducción.....	3
CAPITULO I MARCO TEÓRICO.....	11
I.I Antecedentes .....	11
I.II Factores técnicos en el diseño de la ecotecnia.....	27
I.III Uso del agua de lluvia y modelos de cálculos .....	32
MODELOS DE CÁLCULOS. Oferta – Demanda y Tanque de almacenamiento.....	33
I.IV Modelo de cálculo I Sistemas filtrantes ESPA .....	33
I.V Modelo de cálculo II Criterios de cálculo JIMTEN .....	38
I.VI Modelo de cálculo III FERNÁNDEZ .....	44
I.VII Modelo de cálculo IV UNATSABAR.....	48
I.VIII Modelo de cálculo V PALACIO.....	56
ECOTECNIAS.....	64
I.IX Modelo I MESANZA .....	64
I.X Modelo II SCAPT .....	70
I.XI Modelo III SMAGEM.....	74
I.XII Modelo IV ULTRAFILTRACION .....	75
I.XIII Modelo V SCLAR Y LEBOREIRO .....	77
I.XIV Modelo VI BOJALIL .....	80
I.XV Modelo VII AQUA .....	81
I.XVI Modelo VIII CONAFOVI.....	83
I.XVII Modelo IX AGU/ <sup>AGUA</sup> .....	86
I.XVIII Modelo X DÁVILA .....	89
I.XIX Modelo XI (IRRI).....	91
CAPITULO II MARCO LEGAL.....	99
II.I Normas y reglamentos .....	99
CAPITULO III METODO.....	122
III.I Aspectos relevantes de la investigación.....	122
III.II Problemática del lugar .....	123
III.III Objetivos – Hipótesis.....	123



III.IV Variables a medir .....	124
III.V Criterios de selección .....	126
III.VI Técnicas.....	128
III.VII Análisis y presentación de datos.....	133
III.VIII Procedimiento de cálculos del proyecto apoyado de un simulador.....	135
CAPITULO IV PROPUESTA.....	142
IV.I Guía - Simuladores y graficas de resultados. ....	143
IV.II Costo beneficio .....	182
IV.III Conclusiones y recomendaciones .....	184
Glosario .....	192
Anexo I Libros de simuladores (Excel 2010 – en adelante).....	198
Anexo II Cuestionario Tipo I. Beneficiarios del sistema captación y reciclaje de agua pluvial .....	205
Anexo III Cuestionario Tipo II. Constructora que realizo el desarrollo habitacional .....	206
Anexo IV. Planos arquitectónico caso de estudio .....	207
Anexo V Instrucciones del manejo de simulador .....	208
Anexo VI Plano de instalación hidráulica aplicado a la ecotecnia.....	218
Anexo VII Isométrico de instalación hidráulica aplicado a la ecotecnia.....	219
Anexo VIII. Presupuesto .....	220
Anexo IX. Simuladores captación y reciclaje de agua de lluvia. ....	222
Índice gráficas, tablas, figuras y fotografías .....	223
Referencias.....	226



## Resumen:

Lograr un acceso sustentable al agua es uno de los principales retos a nivel mundial que los humanos tenemos que solucionar en el siglo XXI. Actualmente más de 1,100 millones de personas en el mundo carecen de acceso a agua potable y varias ciudades y países se están enfrentando con la incapacidad de abastecer de agua a sus poblaciones crecientes (UNICEF, 2010).

La sostenibilidad ambiental está relacionada directamente con la reutilización de las aguas pluviales, por lo cual el reciclaje de estas aguas puede ser utilizado en diversos usos como descargas de retretes, riego de jardines, limpieza de ropa, limpieza de vehículos y pisos, dando como consecuencia edificios sustentables con la implementación de estas Ecotecnias.

En esta tesis con el objetivo de elegir la ecotecnia más óptima para el aprovechamiento de agua de lluvia, en casas de interés social en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, se analizó diversa documentación sobre las estructuras de captación utilizadas a través de la historia, así mismo cinco diferentes métodos de cálculo para obtener la Oferta–Demanda de agua pluvial y el volumen del tanque de almacenamiento. Se revisaron once modelos de sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia, utilizados en diferentes partes del mundo. Se diseñaron y aplicaron dos cuestionarios, el primero dirigido a beneficiarios del sistema y el segundo a la constructora que realizó el desarrollo habitacional “Real de Toledo”, con la finalidad de obtener las variables de estudio relacionadas a la ecotecnia elegida.

Este proyecto concluyo que el modelo de ecotecnia *VI Bojalil*, y el sistema de cálculo *III Fernández*, fueron los elegidos por sus características optimas de acuerdo al caso de estudio, y presenta la creación de tres simuladores los cuales se ejecutan en hojas de cálculo Microsoft Excel versión 2010 o superior, que tienen la capacidad de calcular y graficar la Oferta–Demanda de agua de lluvia en m<sup>3</sup> en el período por analizar en los diferentes Estados y localidades de la República Mexicana, con reportes de precipitación pluvial obtenidos por el Servicio Meteorológico Nacional y de acuerdo a las siguientes variables: -Precipitación pluvial del Estado o localidad, -Tipo de superficie de captación, considerando el coeficiente de escorrentía, -Área de captación, -Número de usuarios a beneficiarse, -Dotación lts/día-usuario, en esta investigación se aplica el simulador en



localidades, lo cual permite realizar los cálculos de una forma rápida y precisa, se recomendó hacer diferentes propuestas por tanteo con las variables: Tipo de superficie, área de captación, número de usuarios, usos a utilizar del agua de lluvia, analizando las gráficas, para encontrar el volumen óptimo del tanque de almacenamiento.

Con los resultados obtenidos aplicando la metodología, se demostraron tres propuestas: La primera, debido a la disponibilidad de aguas de lluvia presente en la localidad de Pachuca, la Oferta es menor mes a mes con respecto a la Demanda, la poca área de captación y el espacio disponible para realizar el proyecto, la ecotecnia se concluyó no viable, considerando también que la inversión inicial es muy alta, por lo que no logra ser un sistema de bajo costo, lo que puede volverlo inaccesible si no se cuenta con la adecuada financiación externa para desarrollar el proyecto.

La segunda propuesta, tomando en cuenta la disponibilidad de aguas de lluvia en el área de estudio durante los meses de abril a agosto, acumulando esta cantidad de agua de lluvia será posible cubrir la demanda de los últimos meses del año, con un ahorro de agua potable, por esta razón se encontró viable la implementación de la ecotecnia.

La tercera propuesta, es realizar un estudio a nivel urbano, creando una red de drenaje de aguas pluviales, en donde la superficies de captación serían los arroyos vehiculares, banquetas, bajadas de aguas pluviales de los edificios, y la recolección a base de bocas de tormenta empezando ahí un tren de filtros hasta el tanque de almacenamiento cuya ubicación se propone en el área de donación del terreno, por ejemplo debajo de un piso de una cancha deportiva o un mercado, posteriormente por medio de un sistema de bombeo se dotara a los edificios. Alcanzando el costo beneficio a corto plazo, así como un ahorro mayor de agua potable, logrando una ecotecnia colectiva.

Parte de la Sustentabilidad Ambiental es reconocer el problema de escases de agua en un futuro dentro de la localidad, identificando la necesidad de este vital líquido para las próximas generaciones, una solución es la creación de la ecotecnia en el aprovechamiento de agua de lluvia para mitigar este impacto. Los diferentes niveles de gobierno deberían estar involucrados desde su promoción, aceptación y gestión con el propósito de amortizar a corto plazo la implementación de esta ecotecnia.



## Introducción.

La presente investigación realizada en torno al tema de la aceptación de la Ecotecnia en el aprovechamiento de agua de lluvia, surgió en el contexto de la crisis ambiental del siglo XXI, que tiene antecedentes a nivel internacional desde la década de los años setenta del siglo XX, ante esto en la actualidad el argumento de sustentabilidad ha tomado una corriente novedosa en la Arquitectura. Debido a que las Ecotecnias son herramientas que; por un lado, permiten alcanzar un nivel de sustentabilidad en el desarrollo de una sociedad; y por el otro lado, para el diseño de Ecotecnias se consideran las condiciones ambientales, permitiendo dar soluciones autosuficientes a problemas cotidianos que se generan en las construcciones de cualquier comunidad.

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, tradición milenaria que se practica desde hace 5000 años. A lo largo de distintas épocas, culturas en todo el mundo desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial, sin embargo con el progreso de los sistemas de distribución entubada, estas prácticas se fueron abandonando. Hoy en día, el papel del agua lluvia en las ciudades se está replanteando. En efecto, el agua lluvia está pasando de considerarse un desecho, del cual hay que deshacerse lo antes posible, a considerarse un recurso.

Es por ello que la presente tesis aborda la relación entre la ecotecnia de aprovechamiento de agua de lluvia, y la implementación de esta en casa de interés social, ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro, en las zonas urbanas, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua, cada día hay más escases de agua en México. Si se tiene un poco de espacio fuera de una casa, podría construirse el sistema de captación y reciclar el agua de lluvia.

La incorporación del suelo rural al desarrollo de las ciudades intermedias, es un fenómeno creciente en el que los desarrolladores inmobiliarios sólo contemplan la variable de costo beneficio. Lo único importante es el mayor sembrado de viviendas en un desarrollo inmobiliario, sin importar el área social y la saturación de los servicios, por lo general no analizan la infraestructura carretera, el equipamiento urbano, y lo más importante los servicios básicos, como: agua, luz y drenaje.



Al analizar el crecimiento urbano de la ciudad de Pachuca, hacia el sur. Encontramos que hacia el norte su crecimiento se ha estancado por la topografía accidentada del lugar, forma parte de la Sierra Madre Oriental, territorio donde se asentaban las minas y en el que existen asentamientos irregulares, como San Pedro el cigarro, la Rabia y Santa Apolonia; hacia el noreste, la 20 de noviembre, Europa, Venecia lugar en donde viven en situación de riesgo por escurrimiento.

En los años ochenta la ciudad comenzó a revertir su fenómeno migratorio, ganando población proveniente en su mayoría la ZMVM (Zona Metropolitana del Valle de México), el temblor del ochenta y cinco fue factor catalizador de este fenómeno, donde muchos habitantes de la ciudad de México emigraron a Pachuca para tener una mejor calidad de vida.

En los últimos quince años el crecimiento del municipio de Mineral de la Reforma al oriente de Pachuca y el municipio de Zempoala al sur se ha traducido en la construcción de vivienda barata para los habitantes de la ZMVM, transformándola en una ciudad satélite o ciudad dormitorio.

En el caso de Pachuca en los últimos veinticinco años se realizó un crecimiento urbano ordenado de vivienda de interés social y por otros asentamientos irregulares que con el tiempo se van dotando de servicios básicos e intentando reordenar las manchas urbanas.

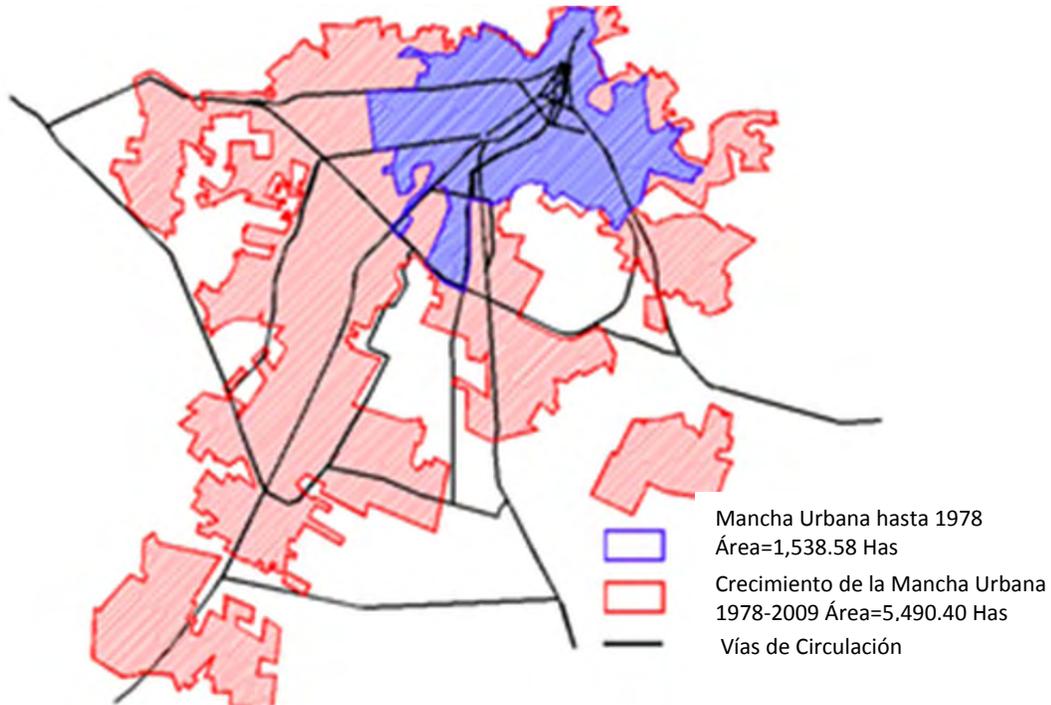
El INEGI 2010, dice que el crecimiento poblacional en los últimos años en la ciudad de Pachuca, se ha presentado en forma acelerada, la necesidad de la creación de viviendas ha llevado un crecimiento acelerado de conjuntos habitacionales de interés social, esto ha ido acompañado de un incremento en la demanda del agua, además que, ha llegado a un punto de insostenibilidad por la falta de equilibrio entre la utilización del recurso natural y su capacidad de regeneración.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> INEGI. Cuaderno estadístico Pachuca de Soto Hidalgo. Primera ed. Pachuca: Gobierno Federal; 2010.



## Crecimiento de Pachuca de 1978 al 2009



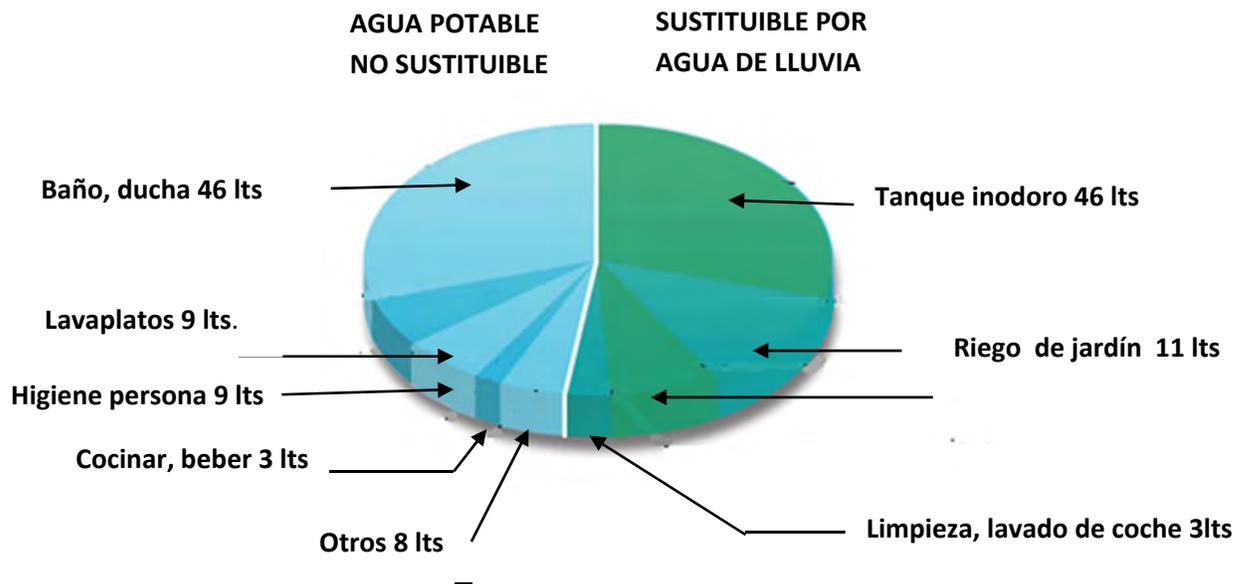
*Crecimiento de Pachuca de 1978 al 2009 Fuente Incorporación del suelo rural al desarrollo metropolitano de la ciudad de Pachuca Hidalgo*

En Pachuca de Soto, la gestión del agua parece ser un problema potencial desde hace por lo menos 11 años. A principios de la década de los años noventa, a raíz de la transferencia del servicio de gestión urbana del agua desde el gobierno estatal hacia el gobierno municipal, se hablaba ya de un deterioro en la gestión del agua (Vargas, 1991). Entre los problemas del sistema de gestión que se mencionaban se encuentran los aspectos administrativos del servicio, el desabasto y el tandeo, que ya había empezado a aplicarse. Una causa principal de estos problemas sería el deficiente proceso de urbanización que se dio en Pachuca, caracterizado por el surgimiento de asentamientos irregulares que carecían de servicios públicos. Además de la falta de planificación del proceso de urbanización sigue siendo un problema para el sistema local de gestión del agua en Pachuca.

El aprovechamiento del agua de lluvia en una casa el consumo de agua en una vivienda es de 150 litros diarios por persona de acuerdo a reglamento de construcción de



Pachuca, Hidalgo,<sup>2</sup> y se distribuye de forma tal que hasta un 50% de la que se utiliza, puede ser sustituida por agua de lluvia, como se muestra en la gráfica siguiente.



*Gráfica 1. Fuente Revista Eroski Consumer (2008). Creación propia de acuerdo a revista Aprovechamiento de agua de lluvia en una casa habitación. (2)*

Si a todo lo anterior le sumamos los problemas sociales, ambientales y económicos relacionados con el modelo hidráulico actual, no es difícil pensar que la actual crisis de agua en la Ciudad no es un problema de escases sino de mal manejo de agua y que afortunadamente tiene solución.

Dentro de los diferentes niveles de gobierno; el Federal ha implementado un programa denominado hipoteca verde, en donde a partir 1 de enero de 2011, existirán solo recursos para que los nuevos créditos que otorgue el INFONAVIT sean Verdes, es decir, con eco-tecnologías. No se admitirá que se inscriba una vivienda si sus características no son

<sup>2</sup> Gobierno Municipal de Pachuca de Soto Hidalgo. Reglamento de Construcciones del Municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo. 2011 Febreo 14.



ecológicas. Los desarrolladores deben implementar tecnologías que beneficien el ahorro en el consumo de agua, energía eléctrica y gas. Esta hipoteca Verde referente al ahorro de agua solo trata de válvulas economizadoras en regaderas, lavabo y fregadero, así como sistemas en descarga en retretes dúo; en esta Hipoteca no se aborda la ecotecnia para el aprovechamiento de agua de lluvia.

El agua de lluvia es parte de una solución sustentable e integral a la compleja crisis del modelo hidráulico en la Ciudad de Pachuca Hgo. Por un lado ayuda al abastecimiento de agua potable, potencialmente disminuye la presión sobre el acuífero, ayuda a evitar inundaciones. Las condiciones geográficas, sociales y económicas de la Ciudad de Pachuca hacen que la captación y aprovechamiento pluvial sea una propuesta viable en muchos casos (Isla Urbana, 2011).

Es importante mencionar que para el funcionamiento de las Ecotecnias como lo mencionó Iván Restrepo (1987:7) intervienen los factores técnicos, sociales, económicos, y culturales; en este caso solo se analizaron tres factores, es decir, los sociales y los técnicos y económicos.

Por las razones antes expuestas este trabajo de investigación, tiene como objetivo principal. Elegir un sistema óptimo que permita aprovechar de manera eficiente y sustentable el recurso hídrico en las casas de interés social de la ciudad de Pachuca. Hgo. Para la captación y reciclaje de aguas pluviales, explicar cuál es la mejor ecotecnia para el aprovechamiento de agua pluvial Ecológico, tomando como referencia los factores sociales y técnicos, para saber si estos determinan el uso y funcionamiento de las Ecotecnias. El caso de estudio en el desarrollo habitacional “Real de Toledo”. Modelo “Navarra”. Ubicada al sur de la Ciudad, Una característica peculiar que tiene este modelo es la bajante de aguas pluviales dirigida al jardín propio de la vivienda, por lo cual fue elegida, pues la implementación de esta ecotecnia será más práctica.



Dos elementos más de la problemática del abastecimiento de agua en las ciudades como lo menciona Ilán Adler (2008), es el fuerte desperdicio, tanto en el consumo, como por la calidad de las instalaciones; domiciliarias y públicas, en parte por su falta de mantenimiento, así como la ruptura de las tuberías de la red hidráulica por su antigüedad (cuyo mantenimiento es sumamente costoso y muy lento), y por otra parte está el problema del uso extendido del cloro como principal desinfectante del agua, ya que varios estudios demuestran que es un fuerte factor de riesgo que afecta a la salud. Se estima que la Ciudad de México pierde, por fugas y rupturas de las tuberías, aproximadamente el 40% del total del agua potable que debería entregar la red hidráulica.<sup>3</sup>

Frers Cristhian (2010) en su artículo La próxima guerra... la guerra del agua. Menciona que el agua brota como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro, y quienes posean agua podrían ser blanco de un saqueo forzado. Se calcula que para los 6.250 millones de habitantes a los que hemos llegado se necesitaría ya un 20% más de agua. La carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua como a su mantenimiento inadecuado. Cerca del 50 por ciento del agua en los sistemas de suministro de agua potable en los países en desarrollo se pierde por fugas, conexiones ilegales y vandalismo. Es un problema que rebasa las capacidades de sólo una instancia.<sup>4</sup>

No hay que olvidar, sin embargo, que el agua es la base de la vida y un bien escaso que hay que gestionar racionalmente para el bien de la humanidad y de los ecosistemas. Una gestión responsable del agua significa hacer frente a los desafíos planetarios en el ámbito social y ambiental, como la pobreza, la salud y los conflictos, entre otros.

El mal uso del agua gratuita que cae del cielo ha contribuido al problema de escasez y contaminación de ésta, ya que no solo no se aprovecha el agua pluvial, sino que además

---

<sup>3</sup> Ilán Adler GCAB. Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. [Online].; 2008 [cited 2011 Julio 26. Available from: [http://irrimexico.org/pdf/manual\\_captacion\\_aguas\\_lluvias\\_centros\\_urbanos.pdf](http://irrimexico.org/pdf/manual_captacion_aguas_lluvias_centros_urbanos.pdf).

<sup>4</sup> Frers Cristhian Eco joven.com La próxima guerra. la guerra del agua. [Online]. 2010 [cited 2011 Jun 17. Available from: <http://www.ecojoven.com/tres/10/acuiferos.html>.



se contamina y desperdicia. Al canalizarse a las coladeras y posteriormente al drenaje, el agua pluvial se mezcla con aguas negras, jabonosas y residuos industriales, convirtiéndose en agua contaminada. Desde hace miles de años la captación de agua de lluvia era práctica común para muchos pueblos, pero en nuestra época dicha práctica ha sido sustituida por el suministro de agua de las instituciones de gobierno, por medio de las redes municipales o públicas de agua potable que la conducen a los hogares. El ahorro de agua potable en el hogar es fundamental para economizarla en cualquier comunidad, sobre todo en zonas donde el servicio o suministro público de agua suele ser costoso y algunas veces irregular. Existen las herramientas tecnológicas, conocimiento, comunicación, aprendizaje de buenas y malas experiencias, metodologías para crear escenarios de futuro, modelos democráticos de participación e instituciones implicadas, todo ello debe conducir a realizar cambios económicos, culturales y sociales necesarios para solucionar la problemática de la escasez de agua dulce. Los diversos prototipos de reciclaje de aguas pluviales, que se encuentran actualmente en el mercado surgen como una solución a ésta problemática.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto surge el siguiente planteamiento. ¿Cuál es la ecotecnia óptima de aprovechamiento de agua de lluvia? desde su captación, conducción, filtración, almacenamiento, y bombeo, de acuerdo a los cálculos de oferta – demanda de agua pluvial en la ciudad de Pachuca y la determinación del volumen del tanque de almacenamiento por medio de un simulador.

La presente investigación se realizó en torno al tema creación de ecotecnia<sup>5</sup> en la captación y aprovechamiento de aguas pluviales, tomando como caso de estudio una casa de interés social del conjunto habitacional “Real de Toledo” en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México. Donde el gran crecimiento de casas de interés social se observa en fraccionamientos al sur de la ciudad, entre ellos Juan C. Doria, Tulipanes, Magisterial, Los Tuzos, Real de Toledo por nombrar algunos, esto ha provocado un desabasto de agua potable.

Es importante señalar que las Ecotecnias son herramientas que; por un lado, permiten alcanzar un nivel de sustentabilidad en el desarrollo de una sociedad; y por otro lado,

---

<sup>5</sup> Solución Pluvial, S.A. de C.V. Crisis del agua. [Online]. 2010 [cited 2012 NOV. Available from: [http://www.solucionpluvial.com/la\\_crisis\\_de\\_agua.html](http://www.solucionpluvial.com/la_crisis_de_agua.html).



para el diseño de éstas tecnologías se consideran las condiciones ambientales, permitiendo dar soluciones autosuficientes a problemas cotidianos que se generan en las construcciones de cualquier comunidad.

Los habitantes del caso de estudio ya han tomado iniciativa con técnicas, como; calentadores solares, ésta medida ha logrado evitar parte de la quema de gas para calentamiento de agua, lo que aporta menos emisiones contaminantes al ambiente, focos ahorradores, economizadores de agua, pero aún no cuentan con técnicas para el aprovechamiento del agua de lluvia.

Su conveniencia radica en bajar los costos del consumo de agua potable y aprovechar el agua de lluvia para fines de aseo de pisos, riego de áreas verdes, tanque de inodoros, limpieza de vehículos, limpieza de ropa. (Dependiendo de la calidad de lluvia). Así como evitar sobre-explotación de los mantos acuíferos.



## **CAPITULO I MARCO TEÓRICO**

### **I.1 Antecedentes**

#### **Ecotecnia**

Las ecotecnias o ecotécnicas son tecnologías que pueden ser utilizadas para ayudar al establecimiento de las comunidades o asentamientos ecológicos autosuficientes<sup>6</sup>

La palabra Ecotecnia deriva de tres voces griegas:

- oikos : casa
- logos : tratado
- tekno: conjunto de procedimientos de que se sirve una ciencia para conseguir un objetivo.

La Ecotecnia de captación de agua de lluvia o sistemas de cosecha de agua tienen como propósito recolectar el agua proveniente de la lluvia para su utilización. Su aplicación doméstica consiste en sistemas colocados en el techo de la casa donde captan el agua y luego es drenada a través de conductos para posteriormente almacenarse en un tanque o cisterna. Existen sistemas de fabricación sencilla que no requieren la participación de expertos y se utiliza material disponible localmente. El agua de lluvia recolectada se puede utilizar en, tanque de inodoros, riego de jardín, limpieza, lavado de coche, incluso combinando el sistema con filtros puede utilizarse también para consumo humano.

Para mejor comprensión del procedimiento de esta Ecotecnia en la siguiente dirección [http://www.youtube.com/watch?v=yazQ\\_8KyA8s&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=yazQ_8KyA8s&feature=related). Muestra un sistema de aprovechamiento Agua Pluvial para uso Higiénico, en el cual se observa la recolección de agua de lluvia a través del techo de la casa y las canaletas, las cuales conducirán el agua a una bajante, para después encontrar un filtro y así llevar un 80% a un tanque de almacenamiento y el otro 20% se pierde en agua sucia y en exceso a la red de drenaje municipal. El agua del tanque es pasada por un filtro antes de ser enviada al sanitario a través de una bomba de agua, este sistema funciona como apoyo cuando el sistema de suministro convencional falla.

---

<sup>6</sup> SAHOP, 1978. Cuadernos de Ecotecnias. Publicación de la Dirección General de Ecología Urbana, Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas D.F. México



## La Ciudad de Pachuca y su crecimiento

La Ciudad de Pachuca tuvo un inicio minero, lo cual condicionó su configuración territorial y la traza urbana hoy heredada. Después de comenzar con un trazado reticular, debido a las ordenanzas de Felipe II, la ciudad tuvo un crecimiento anodino por la actividad minera. Para el Siglo XX la ciudad mostró una configuración semiradiocéntrica y radial, limitada por la topografía al norte de la misma. Debido a la elevada tasa de crecimiento poblacional que se manifestó en el año 1970-1980 la ciudad sufrió un importante cambio en la estructura urbana. Obteniéndose grandes resultados por diversos factores tales como el surgimiento de industrias, incremento en el aumento de comercios, la ampliación en el aparato burocrático, la elevada población estudiantil, entre otros, concluyendo con un crecimiento vertiginoso y amplio hacia el sur del municipio, donde se establecen las fronteras de la mancha urbana actual, con dirección a la Ciudad de México.<sup>7</sup>

El resultado de este crecimiento se da en la creación de nuevos fraccionamientos durante el periodo de 1967-1992, definidos por los siguientes asentamientos: ISSSTE, Real De Minas, Constitución, INFONAVIT Venta-Prieta, Real De Minas, López Portillo, Aquiles Serdán, 11 de Julio, Pachoacan, PRI-Chacón, Juan C. Doria, Unidad Minera, San Javier, Villas De Pachuca, El Palmar, todas estos con casas de interés social. Como lo muestra el mapa 1

El crecimiento urbano en nuestros días se ha dado paulatinamente hacia los extremos oriente - poniente y principalmente al sur de la mancha urbana, debido a las cuestiones topográficas, pero este incremento se ha desarrollado sin una precisa planificación de los asentamientos.<sup>8</sup> Esto ha suscitado una invasión a tierras de cultivo que se presentan en el valle. La moderada producción agrícola debido a la baja tecnificación del campo, aunada a la presión inmobiliaria, ha permitido este fenómeno. Adicionalmente al problema que resulta de la pérdida de áreas agrícolas, se presenta la ocupación de un territorio que muestra altas posibilidades para captación de aguas pluviales que

---

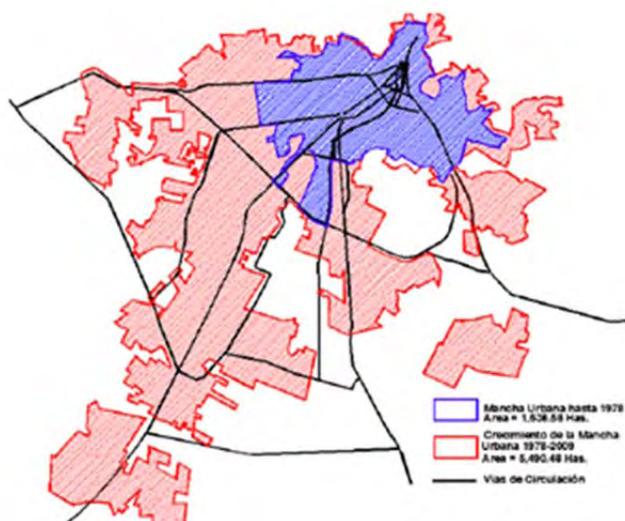
<sup>7</sup> Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto Estado de Hidalgo.(2009-2012)

<sup>8</sup> Menes Llaguno Juan Manuel (1993).Monografía de la ciudad de Pachuca.



alimentan mantos freáticos. La extensión de la mancha urbana ha provocado también el fenómeno de conurbación con el municipio de Mineral de la Reforma y, recientemente con el municipio de San Agustín Tlaxiaca y Zapotlán, aunque dicha conurbación sea incipiente.

#### Crecimiento de la mancha urbana de Pachuca hasta 2005.



*Mapa 1 la ciudad de Pachuca. Crecimiento de la mancha urbana hasta 2005*

La mayor parte del crecimiento que muestra el crecimiento de la ciudad está dado por viviendas de interés social.

#### La población

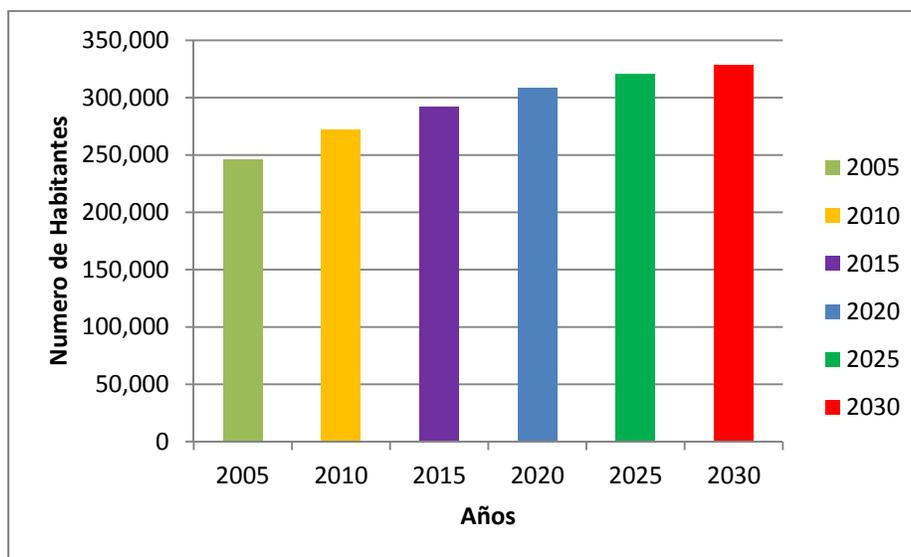
La Población de Pachuca para 2005 fue de 275,578 personas, sin embargo en 2007 se realizaron los ajustes de límites territoriales, pasando a Mineral de la Reforma cerca de 11,000 predios, lo cual, según estimaciones propias con base en el sistema IRIS-SCINCE de INEGI, constituye cerca de 29,411 habitantes. La sustracción de esta población nos deja a 246,167 personas en el municipio para el 2005. Si se consideran las tasas de crecimiento en las proyecciones de población elaboradas por el CONAPO tenemos que para 2009 se tendría una población cercana a las 266,874 personas, la proyección de la población al 2030, estará dada con la tabla 1.



Municipio	Proyecciones de Población del Municipio de Pachuca					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Pachuca	246,167	271,547	292,202	308,583	320,776	328,496

*Tabla 1 Proyecciones de Población del Municipio de Pachuca.*

Analizando los datos de la gráfica 1 se ve una tendencia de crecimiento poblacional desde los años 2005 al 2030, dando como consecuencia un aumento en la vivienda.



*Gráfica 1 Proyecciones de Población del Municipio de Pachuca.*

### La vivienda

En cuanto al crecimiento histórico de la vivienda dentro del municipio tenemos lo siguiente:

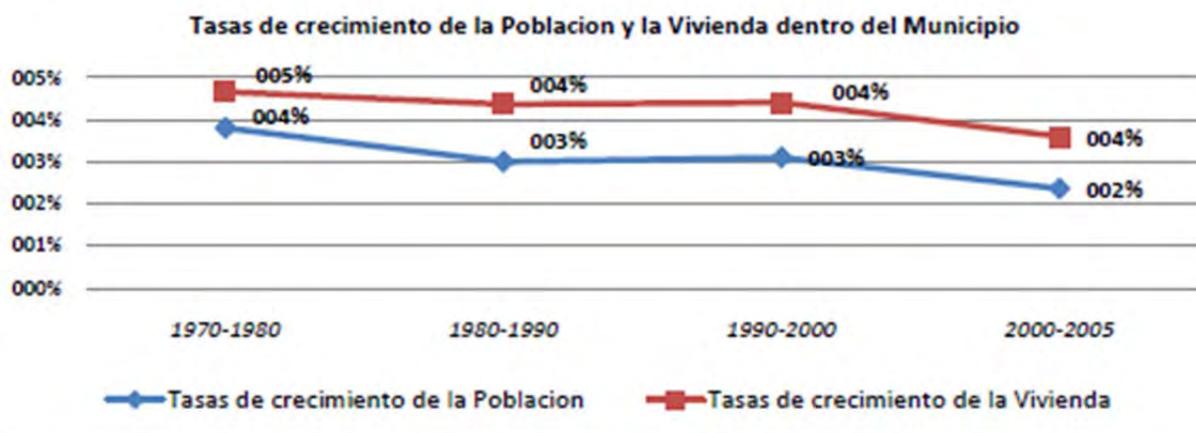
Año	Total de vivienda
1970	16,080
1980	25,351
1990	38,864
1995	50,777
2000	59,789
2005	71,341

*Tabla 2 Crecimiento de Vivienda, 1970-2005.*

En donde se observa que en los últimos treinta y cinco años el número de viviendas habitadas se ha incrementado en más de 4.43 veces; de 16,080, en el año de 1970, a 71,341 viviendas en 2005. Cabe señalar que el Censo de Población de 2005 identifica un



total de 97,562 viviendas, por lo que si se tiene en consideración esta cantidad, el aumento sería de 6 veces las viviendas de 1970. Este proceso de crecimiento se presenta en el municipio de manera más notable en el último periodo de análisis, de 2000 a 2005, por la sobre oferta de vivienda que se presenta a partir del año 2000, cuando se presentó un incremento del 19.32% del total de viviendas particulares habitadas.



*Gráfica 2. Fuente: INEGI.2005 Crecimiento de Vivienda habitadas, 1970-2005.*

Se observa que las tasas de crecimiento de la vivienda han sido constantemente mayores que las tasas de crecimiento de la población, más de un punto porcentual, lo que indica un importante mercado inmobiliario para el municipio.<sup>9</sup>

#### Ubicación. Caso de estudio

El Caso de estudio para la propuesta de la creación del aprovechamiento de agua de lluvia, es al sur de la ciudad de Pachuca, ver figura 2. Es un desarrollo habitacional con un número de 2800 casas de interés social. Es el crecimiento más grande en la ciudad y es la razón para considerarlo en el estudio.

<sup>9</sup>INEGI. (2005). Censo Poblacional Instituto nacional de Estadística Geografía e Informática.



Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto Estado de Hidalgo. (2009-2012)

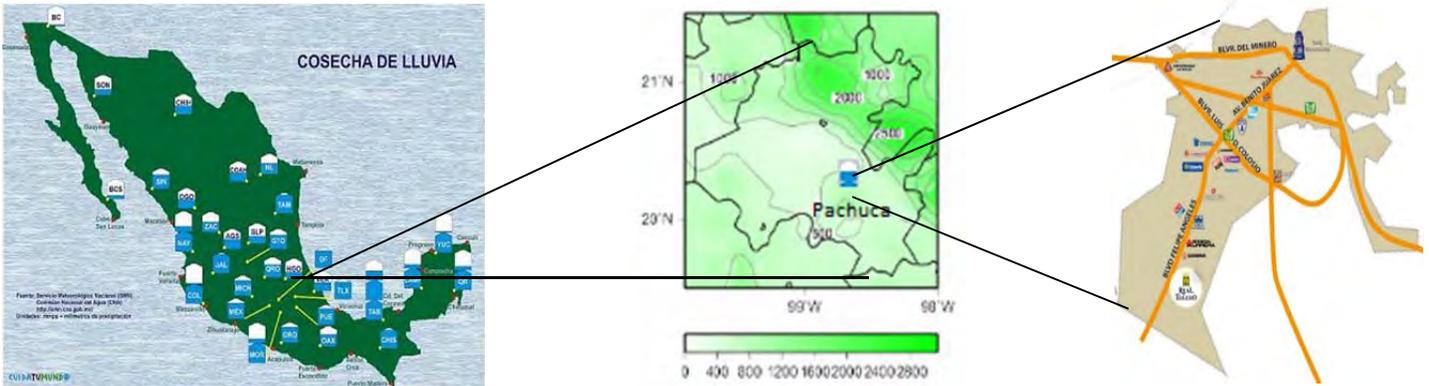


Figura 2. República Mexicana, Estado de Hidalgo, Pachuca y Fraccionamiento Real de Toledo  
 Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/><sup>10</sup>

**Precipitación Pluvial**

El nivel de precipitación pluvial en Pachuca es de 368.3 mm<sup>3</sup> anuales, el periodo lluvioso comprende los meses de mayo a octubre, el tiempo seco comprende los meses de noviembre a abril, considerando a la región con pocos niveles de disponibilidad de agua. A continuación se presenta en la tabla 1 la precipitación pluvial.<sup>11</sup>

**Tabla 3 Precipitación Promedio Mensual, Municipio de Pachuca.  
 Periodo de análisis 1971-2000**

Nombre de la estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Pachuca Prec. mm	9.6	9.1	13.6	25.8	42.8	50.3	63.4	50.3	58.8	26.3	11.7	6.6	368.3

*Fuente: Anuario estadístico, Hidalgo, INEGI, 2011*

<sup>10</sup> Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. [Online].; 2012 [cited 2011 Mayo 2011]. Available fr

<sup>11</sup> Anuario estadístico, Hidalgo, INEGI, 2011



El agua de lluvia ha sido desde siempre un recurso hídrico básico para los seres humanos, y hay múltiples civilizaciones a lo largo de la historia que han sabido desarrollar, muchas veces por extrema necesidad, sistemas de captación de aguas pluviales para su posterior uso en épocas más secas. El Impluvium romano, los aljibes árabes, los chultunes del Imperio Maya o los milenarios shuijiao en China son algunos de los ejemplos que ilustran las técnicas utilizadas por culturas muy diferentes para solucionar un mismo problema: la falta de agua. La siguiente tabla muestra un resumen de las diferentes culturas que tiene antecedentes de aprovechar el agua de lluvia. Iván Fernández Pérez (2009).<sup>12</sup>

Cultura	Año	Uso	Almacenamiento	Evidencias	Observaciones
Prerromana	300 a. C	Animales y plantas	Cisternas subterráneas	Restos arqueológicos de balaat Gebel. El Líbano. Fotografía 1	
Griegos	III y IV a.C.	Común para la población	Patio rectangular		
Romana			Estanque situado en la entrada de la casa	La Domus Romana. Figura 3	Este sistema es aplicado en una sola casa de clase alta en Roma.
Precolombinas	1600 a.C.	Común en la población.	Cenotes, Aguadas (Lagunas artificiales) y Chultunes (Cisternas subterráneas)	Aguadas Yucatán México. Chultún en Kabah Yucatán México. Figura 4, 5 y 6	La captación es por las cubiertas de los edificios, plazas, calles y elevaciones del entorno, hacia las Aguadas que están a cielo abierto y son lagunas artificiales. Los Chultunes estaban situados en templos y lugares de celebración de rituales
Siglo XVII Francia	1874	Depósito regulador de las aguas de	cisterna en la cubierta	Dipòsit de les Aigües, Parc de la Ciutadella, Figuras 7 y 8	Desde 1886, además de depósito de agua en la cubierta, el interior cumplió funciones tan diferentes como las de

<sup>12</sup> Ivan Fernandez (2009). Aprovechamiento de aguas pluviales. [Online].; [cited 2011 Mayo 21]. Available from: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7222/1/pfc-e%202009.058%20mem%C3%B2ria.pdf>.

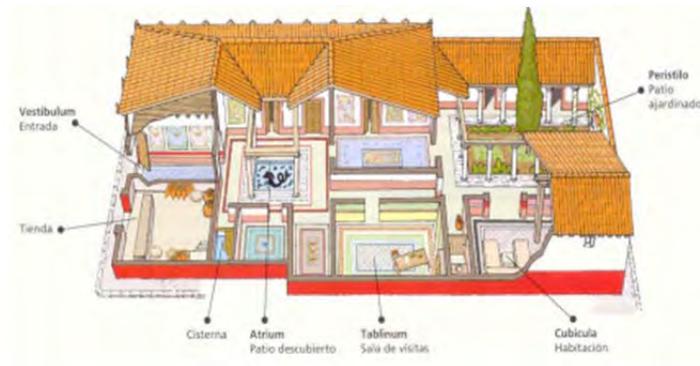


		riego del parque y alimentar la cascada.			asilo municipal, almacén del parque de bomberos o archivo del Palau de Justicia.
--	--	---	--	--	--

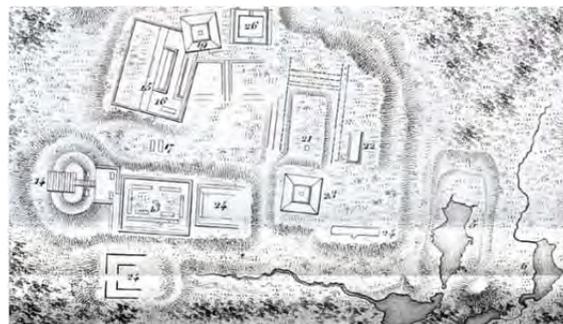
*Tabla 4 Culturas que aprovecharon el agua de lluvia. Iván Fernández Pérez (2009).*



*Fotografía 1 Restos arqueológicos de balaat Gebel. El Líbano*

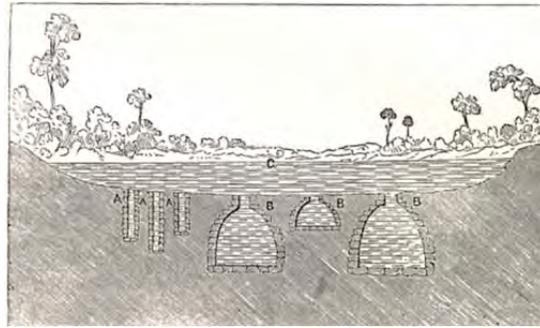


*Figura 3 la Domus Romana*



*Figura 4. Tres de las aguadas más próximas a Uxmal, en Yucatán (México), nº 5, 6 y 7*





*Figura 5. Sección transversal de una aguada maya.*



*Figura 6. Chultún situado frente al palacio de las Máscaras (Codz Pop) en Kabah, Yucatán (México). Las máscaras de la fachada representan a Chac, el dios maya de la Lluvia.*



*Figuras 7 y 8. Dipòsit de les Aigües, Parc de la Ciutadella, actual Biblioteca Central UPF (Paricio y Clotet, 1992)*



## SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN MÉXICO

México recibe del orden de 1,488 miles de millones de m<sup>3</sup> de agua en forma de precipitación y existen 13 millones de habitantes sin acceso al agua entubada; según (Anaya, 2004), si solo se aprovechara el 3% de esa cantidad, se podría abastecer a esos 13 millones de mexicanos que actualmente no cuentan con agua potable, dar dos riegos de auxilio a 18 millones de hectáreas de temporal, abastecer a 50 millones de cabezas de animal y regar 100 mil ha de invernadero.<sup>13</sup>

México a partir del año 2003 y debido a la urgencia de la creación de programas de captación de agua de lluvia a nivel nacional, estatal, municipal y local. Generó el Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI) ubicado en el Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo con el apoyo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA), con el objetivo de generar y transferir tecnologías sobre sistemas de captación y aprovechamiento eficiente del agua de lluvia a nivel de familia y a nivel comunitario, para consumo animal, para producción vegetal y para uso industrial, para ello ha desarrollado diversos prototipos de cisternas revestidas y cubiertas con geo membrana de PVC.<sup>14</sup>

Actualmente, el CIDECALLI ha elaborado y ejecutado proyectos sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Consumo Humano y Uso Doméstico, en comunidades Mazahua y Purépecha; en el estado de Michoacán, en la mixteca oaxaqueña y Guadalajara, entre otros. Hasta la fecha ha diseñado y construido cinco diferentes modelos de sistemas de captación de agua de lluvia. Todos se encuentran en el Campus Montecillo, del Colegio de Posgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo, y los ha llamado COLPOS 1 a COLPOS 5. Todos, excepto el

---

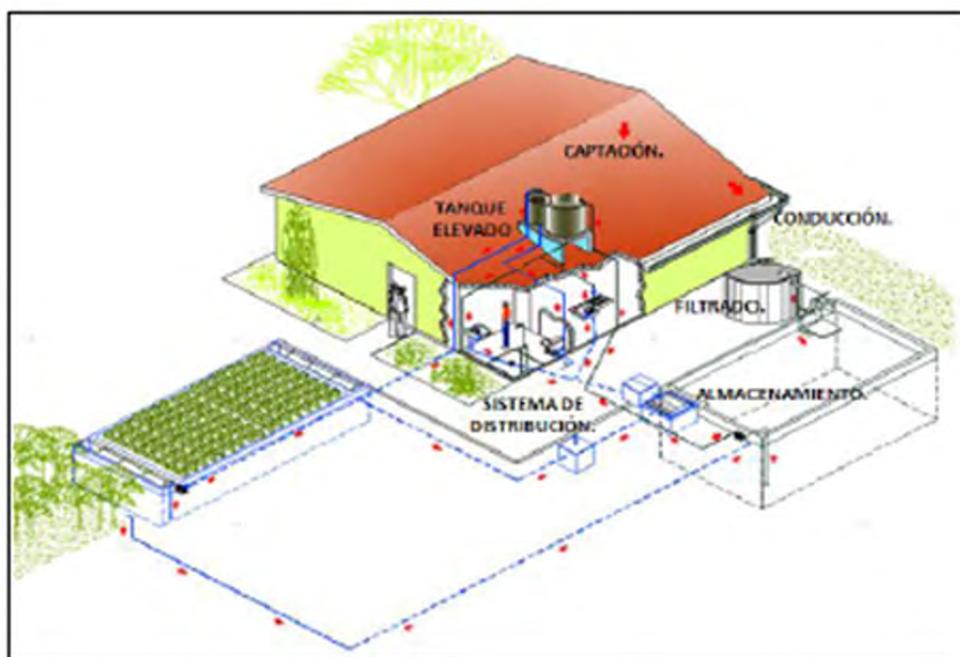
<sup>13</sup> Anaya Garduño. Manuel (2008) "Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia". Innovaciones tecnológicas ante el cambio climático. Centro Internacional De Demostración Y Capacitación En Aprovechamiento Del Agua De Lluvia (CIDECALLI).

<sup>14</sup> Pacheco Montes Margarita (2008) Revista Sostenibilidad Tecnológica y Humanismo No 3



prototipo para COLPOS 3, están diseñados para prestar servicios a una sola familia, mencionándose a continuación:<sup>15</sup>

El prototipo COLPOS 1, es un sistema para uso doméstico. Se diseñó para sostener a una sola familia y cuenta con una cisterna de 73 m<sup>3</sup>. Este sistema está destinado a suministrar de agua potable y purificada a cuatro personas sobre la base de un consumo per cápita de 100 litros por día. El área de la superficie de captación para este modelo es de 120 m<sup>2</sup> y la precipitación anual se calculó en 610 milímetros. El costo total para la futura construcción de este proyecto se estima en \$ 49,400, todo incluido (Figura 9).



*Figura 9 Sistema de captación de agua de lluvia Colpos-1 del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo. Fuente: CIDECALLI 2008.*

<sup>15</sup> Herrera Monroy Luis Alberto (2010) Tesis Estudio de alternativas, para el Uso Sustentable del Agua de Lluvia. Director de Tesis Duran Escamilla Pino.



## ¿QUE SE HA HECHO EN MÉXICO CON LAS ECOTECNIAS APLICADAS A LA ARQUITECTURA?<sup>16</sup>

El gobierno de México en la década de los ochentas comenzó la investigación de tecnologías ecológicas.

Algunas constructoras hicieron Conjuntos Habitacionales Ecológicos. Se le llamó así a las unidades habitacionales que emplearan algunas ecotecnias.

El objetivo de este tipo de viviendas era que al utilizar las llamadas ecotecnias los habitantes contribuyeran con ahorro de agua, energía eléctrica, gas, ayudaran a reciclar basura y así difundir su uso, de esa forma se demostraría el ahorro que los vecinos lograban, tanto económicamente como energéticamente.

Sin embargo esos proyectos no fueron exitosos, debido a las siguientes razones:

- No fueron utilizadas nunca
- Se utilizaron para otra función
- Desconocían el mantenimiento que cada una requería
- Les parecía muy caro
- Muchos debido a que no supieron de su existencia
- En general porque los vecinos no se organizaron.

En la tabla siguiente muestra los diferentes Conjuntos Habitacionales en donde fueron aplicadas Ecotecnias.

---

<sup>16</sup> León Cacho Edgar (2005) Tesis Estado actual de las Ecotecnias en los Conjuntos Habitacionales Ecológicos. De acuerdo a Director de tesis Dr. Diego Morales Ramírez.



<b>Nombre de conjunto habitacional</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Año de construcción</b>	<b>Empresa Constructora</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Ecotecnia Utilizadas</b>
Pedregal imán V Etapa	Tlalpan, México DF	1983	INFONAVIT	40 viviendas	Plantas de tratamiento de aguas pluviales
Conjunto Ecológico Fuentes Brotantes.	Tlalpan, México DF	1983	FOVISSTE	2479 viviendas	Re infiltración pluvial y planta de tratamiento pluvial
Conjunto Unión Popular Nueva Tenochtitlan	Colonia Santa Cruz Acapixa Xochimilco	1984	FONAPO	100 Casas	Plantas de tratamiento de aguas pluviales

*Tabla 5. Fuente: Tesis Estado actual de las Ecotecnia en los Conjuntos Habitacionales Ecológicos. Creación propia. De acuerdo a León Cacho Edgar 2005 Director de tesis Dr. Diego Morales Ramírez.*

#### Captación de agua de lluvia en casas Infonavit

En el Artículo publicado; *Propuestas sustentables a favor del uso del agua en México* Nepote Ana Claudia (2012) expone que los Académicos del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) de la UNAM diseñaron un sistema de captación de agua de lluvia a través del programa Hipoteca Verde de Infonavit, en viviendas que podrían captar 46,410 litros de agua, cantidad suficiente para satisfacer hasta el 21% de la demanda de agua para uso doméstico. En Morelia Michoacán.- Dos egresados de la Licenciatura en Ciencias Ambientales de la UNAM en el campus Morelia y el Maestro Alfredo Fuentes, responsable de la Unidad de Ecotecnologías del CIEco se encuentran entre los diez finalistas de un concurso que organiza Nuffic Neso México, la Embajada del Reino de los Países Bajos y la Fundación Gonzalo Río Arronte.

Según las estimaciones de los académicos del CIEco la precipitación anual en promedio para todo el país es de 773.5 milímetros cúbicos, el promedio general de superficie construida de las casas del Infonavit en México es de 60 metros cuadrados, por lo que con



la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia en dichas viviendas se podrían captar 46,410 litros de agua por cada vivienda, cantidad suficiente para satisfacer hasta el 21% de la demanda de agua para uso doméstico.

Bajo el actual escenario de las condiciones climáticas cambiantes, es necesario estimular la creatividad y participación de diversos sectores en búsqueda de alternativas viables que favorezcan un uso más sustentable de los recursos naturales, en este caso en particular del agua. El objetivo de este concurso es abrir un espacio para iniciativas que mejoren la sustentabilidad del manejo del agua en México.

La propuesta presentada por Jorge Ortiz, Tania Arroyo y Alfredo Fuentes se titula "Análisis de la viabilidad para la incorporación de sistemas de captación de agua pluvial en las viviendas financiadas bajo el programa Hipoteca Verde de INFONAVIT". El trabajo evalúa los beneficios de incorporar sistemas de captación pluvial en las viviendas financiadas por el programa "Hipoteca Verde", mismo que otorga sobre créditos adicionales al de la vivienda para que los usuarios adquieran e instalen ecotecias en sus nuevos hogares.



Figura 10 Colecta de agua pluvial en la hipoteca verde de Infonavit La propuesta de los académicos del CIEco. Foto vía nesomexico.org



Los integrantes de la Unidad de Ecotecnologías del CIEco que están entre los finalistas estiman que si se hubiesen implementado sistemas de captación pluvial en las casas con crédito marcados como Hipoteca Verde en 2011 (337,000 casas) existiría un potencial de captura de más de 15 millones de metros cúbicos de agua al año. Con esta captura de agua de lluvia se evitaría el desperdicio de casi 6 millones de metros cúbicos anuales en fugas y se podría mitigar cada año casi medio millón de toneladas de gases de efecto invernadero.<sup>17</sup>

En diferentes latitudes el hombre ha buscado la forma de aprovechar el agua de lluvia, algunos por el alto costo del agua, escases de agua potable, la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Muchas de estas zonas sufren restricciones, sobre todo, en los meses estivales y cada vez más nos damos cuenta que el agua es un recurso precioso e indispensable. Por esta razón, es necesaria la implementación de esta ecotecnia en la localidad de Pachuca Hgo. Considerando que en ella no existen.

#### CAPTACION DE AGUA PLUVIAL

Los sistemas de captura de agua de lluvia consisten en al menos contar con los siguientes componentes: un techo o área de captura que debe mantenerse libre de basura, objetos o animales que pudieran afectar la calidad del agua; canaletas que permiten la conducción de este sistema, algunos de estos tubos son de PVC; filtros a base de carbón activo y materiales de filtración o retención de partículas; tinaco o cisterna para almacenar el agua que debe ser de preferencia oscuro para evitar la proliferación de algas o bacterias que afecten el agua y una bomba para subir el agua o bien una escaladora mecánica para facilitar su extracción.

Conocer las dimensiones del área de captación de agua de lluvia permitirá hacer un cálculo de la cantidad de agua recolectada, de esta forma se conocerá cual es el abastecimiento y para cuantas personas, así como el sistema más adecuado para el abastecimiento de las necesidades de los habitantes. Cuando la capacidad de captación de agua de lluvia es rebasada entonces el exceso se canaliza a un pozo de visita para que sea inyectada al subsuelo.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Nepote Ana Claudia (2012) Artículo Propuestas sustentable a favor del uso de agua en México

<sup>18</sup> Martínez-Alvarado, Brian (2011). Ecotecnias <http://es.scribd.com/doc/52922991/Ecotecnias>



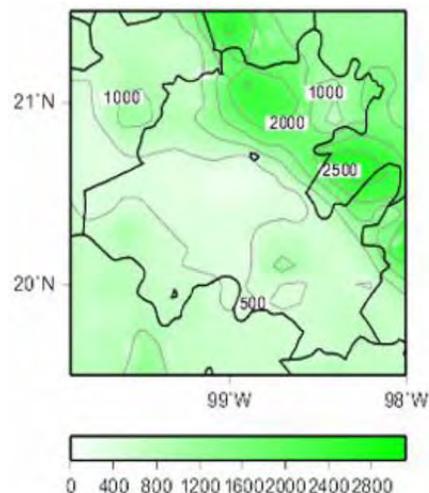
## PRECIPITACIÓN PLUVIAL <sup>19</sup>

La precipitación pluvial, se mide en milímetros (mm), la medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos; los segundos son utilizados principalmente cuando se tratan de determinar precipitaciones intensas de corto periodo. La lluvia se califica con respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h)

De acuerdo a la intensidad

Débiles	$\leq 5$ mm/h.
Moderadas	$> 5$ mm/h $\alpha$ $\leq 20$ mm/hr
Fuertes	$> 20$ mm/h $\alpha$ $\leq 50$ mm/hr
Muy fuertes	$> 50$ mm/h $\alpha$ $\leq 70$ mm/hr
Intensas	$>70$ mm/h $\alpha$ $\leq 150$ mm/hr
Torrenciales	$> 150$ mm/hr

El número de milímetros anuales de lluvia en la zona del proyecto, el cálculo de lluvia máxima durante las tormentas y la duración en meses del periodo de lluvias.



*Figura 11 Fuente: El número de milímetros anuales de lluvia en la zona del proyecto. Servicio Meteorológico Nacional, 2000.*

<sup>19</sup> IMTA Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Precipitaciones pluviales extremas. [Online].; 2007 [cited 2012 FEBRERO 25. Available from: [http://www.imta.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=179:precipitaciones-pluviales-extremas&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=106](http://www.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=179:precipitaciones-pluviales-extremas&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=106)



## **I.II Factores técnicos en el diseño de la ecotecnia.**

En el diseño de una ecotecnia se debe tomar en cuenta: Factores materiales (los techos y cisternas con los que se cuenta o el espacio para construirlos o instalarlos). Las condiciones naturales (la cantidad de lluvia, la intensidad de las tormentas, la duración de la temporada). Las variables (el número de integrantes de la familia o comunidad, las costumbres de consumo) y las expectativas (los usos para lo que queremos el agua), con la finalidad de lograr la dimensión adecuada del sistema, que traiga el mayor número de beneficios con una menor inversión. Los factores técnicos a considerar serán los siguientes.

### DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA <sup>20</sup>

De acuerdo a los parámetros establecidos por el *CEPIS 6*, a continuación se presentan las definiciones de los componentes del sistema, el análisis de la información pluviométrica y los cálculos realizados para el diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia.

Un sistema básico está compuesto por los siguientes componentes:

- a. Captación
- b. Recolección
- c. Interceptor de primeras aguas
- d. Almacenamiento

Inicialmente el diseño propuesto tendría, además de los componentes mencionados, los siguientes:

- e. Sistema de filtración rápida
- f. Red de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).

---

<sup>20</sup> Palacio CN. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia. [Online].; 2010 [cited 2011 Noviembre 23. Available from: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>





*Figura 12. Fuente: Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos CEPIS, 2004. Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004.<sup>21</sup>*

## CAPTACIÓN

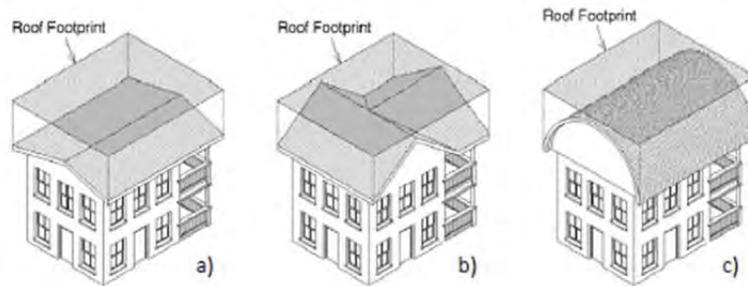
Superficie destinada para la recolección del agua lluvia. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos, los cuales deben tener adecuada pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales empleados para los techos pueden ser las tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros. Los techos de cemento y de teja son los más comunes debido a su durabilidad, el precio relativamente bajo y porque proveen agua de buena calidad; los que tienen compuestos de asfalto, amianto o los que están pintados se recomienda utilizarlos sólo cuando el agua captada no es para consumo humano, ya que pueden lixiviar materiales tóxicos en el agua lluvia.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2004.

<sup>22</sup> Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. (2006). Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. 291-300.





*Figura 13. Fuente: The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. 2005. Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos<sup>23</sup>*

## RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN

Es el conjunto de canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua lluvia y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente no muy grande que permitan la conducción hasta los bajantes. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Para tal objetivo se pueden emplear materiales como el bambú, la madera, el metal o el PVC. Se recomienda que el ancho mínimo de la canaleta sea de 75mm y el máximo de 150mm.



*Figura 12. Fuente: Hernández Martínez Florina Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Tipos de canaletas para recolección de agua lluvia<sup>24</sup>*

<sup>23</sup> The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. 2005. Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos.

<sup>24</sup> Hernández Martínez Florina Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Tipos de canaletas para recolección de agua lluvia.



## INTERCEPTOR

Es el dispositivo dirigido a captar las primeras aguas lluvias correspondientes al lavado del área de captación, con el fin de evitar el almacenamiento de aguas con gran cantidad de impurezas. En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m<sup>2</sup> de techo. Se debe tener en cuenta que el agua recolectada temporalmente por el interceptor, también puede utilizarse para el riego de plantas o jardines.

El interceptor consta de un tanque, al cual entra el agua por medio de los bajantes unidos a las canaletas. El tanque interceptor debe contar con una válvula de flotador que permita su llenado, cuando éste alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente debe tener una válvula de purga en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia.



*Fotografía 15. Tanque interceptor de primeras aguas*

*Fuente: Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria. Florina Hernández Martínez.*



*Figura 13. Fuente: Google imágenes. Válvula flotador para Tanque Interceptor*



## ALMACENAMIENTO

Es el depósito destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- De no más de 2m de altura para minimizar las sobre-presiones
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua lluvia a ser empleados pueden ser contruidos con los siguientes materiales:

- Mampostería para volúmenes menores (100 a 500 L)
- Ferro-cemento para cualquier volumen.
- Concreto reforzado para cualquier volumen.
- Plástico



*Fotografía 5. Tanque de almacenamiento semienterrado en ferro-cemento.*



## SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades sanitarias requeridas. Se debe tener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

### I.III Uso del agua de lluvia y modelos de cálculos

#### Consumo promedio por persona y por actividad

En una tabla de los consumos promedio por persona y por actividad, para una vivienda urbana en Pachuca, Hidalgo. Se calcula que el volumen de gasto diario por persona es de 150 litros distribuidos de la siguiente manera.

<b>Litros</b>	<b>Concepto de uso</b>	<b>Porcentaje</b>
48	Regadera	32%
45	Desechar heces fecales y orina	30%
15	Limpieza de trastes	10%
13	Limpieza de ropa	9%
9	Lavamanos y lavado de dientes	6%
8	Auto, plantas y otros	5%
6	Aseo de casa	4%
4.5	Comida	3%
1.5	Consumo personal	1%
<b>150 Lt;</b>	<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Tabla 6 Fuente: Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos Bojalil José Antonio 2008 pág. 17. Consumos promedio por persona y por actividad<sup>6</sup>*

<sup>6</sup> Ilán Adler GCAB. MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS. [Online].; 2008 [cited 2011 Julio 26. Available from: [http://irrimexico.org/pdf/manual\\_captacion\\_aguas\\_lluvias\\_centros\\_urbanos.pdf](http://irrimexico.org/pdf/manual_captacion_aguas_lluvias_centros_urbanos.pdf).



Con estos datos podemos establecer el consumo personal y multiplicando por el número de integrantes de la familia, tendremos el consumo diario familiar, y si ese uso o usos, son los que requerimos sustituir con agua de lluvia, podemos conocer el volumen necesario de agua de lluvia a captar, multiplicándolo por el número de días que se quisiera aprovechar el agua.

En el desarrollo de esta investigación es necesario conocer los diferentes tipos de cálculos empleados para determinar el volumen de tanque de almacenamiento, en una Ecotecnia de captación de agua de lluvia, a continuación se describen 5 procedimientos.

**MODELOS DE CÁLCULOS. Oferta – Demanda y Tanque de almacenamiento.**

El desarrollo del diseño consta principalmente de la determinación de la demanda de agua, la oferta relacionada con la precipitación de la zona, el volumen de almacenamiento del agua lluvia. A continuación se presentan los modelos de cálculos para cada componente.

#### **I.IV Modelo de cálculo I Sistemas filtrantes, ESPA<sup>25</sup>**

1. Sistema de cálculo para hallar el volumen útil de la cisterna de agua de lluvia.
2. Lista de comprobación para la puesta en funcionamiento inicial de un sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

##### **1. Sistema de cálculo**

Diseño del tamaño de la cisterna para aguas pluviales

El tamaño óptimo del volumen útil ( $V_u$ ) de las cisternas de aguas pluviales debe encontrarse en una proporción equilibrada entre cantidad de agua pluvial y necesidad de agua de servicio. A este respecto es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- Tamaño y tipo de superficies de recogida
- Necesidad de agua de servicio (cantidad y distribución)

---

<sup>25</sup> ESPA Innovative Water Solutions. Aprovechamiento agua de lluvia. [Online].; 2002 [cited 2011 Febrero 14. Available from: <http://www.jhamakan.com/wp-content/uploads/2010/12/Formularioagualluvia.pdf>.



Se debe llevar a cabo una optimización del volumen útil en los aspectos cuantitativos y económicos.

## Procedimiento

El proceso puede aplicarse por ejemplo. En el caso de viviendas para varias familias, edificios de la administración y oficinas, edificios para comercio e industria con un esquema de consumo regular. En el diseño del depósito se deben incluir los siguientes factores.

### 1) Tamaño de la superficie de recogida > A (m<sup>2</sup>)

Es el tamaño de la superficie de captación del tejado de la casa, independientemente de la forma y la inclinación. Si sólo se utiliza un lado del tejado de la casa como superficie de recogida, sólo habrá que tener en cuenta la superficie correspondiente. En el caso de otras superficies se tiene en cuenta la superficie sobre la que llueve.

Si existiera un saliente del tejado y se usara para la recogida, también se tendría en cuenta.

### 2) Coeficiente de rendimiento > e

Para calcular el coeficiente de rendimiento se deben tener en cuenta la posición, la inclinación, la alineación y la naturaleza de la superficie de captación. Como base para la planificación de la inclinación y naturaleza de la superficie de recogida se pueden utilizar los valores de la Tabla 7.

### 3) Sistemas de filtración del agua pluvial (grado de efectividad filtrante) > hf

Para conocer los rendimientos de los sistemas filtrantes que se utilizan en la tubería de entrada al depósito se deben tener en cuenta las indicaciones del fabricante en cuanto al caudal de agua pluvial útil.

Observación: En el caso de sistemas filtrantes ESPA sometidos a un mantenimiento regular, se consigue normalmente un grado de efectividad filtrante de 0,9.

### 4) Alturas de precipitación (precipitación media local anual) > Ha (l/m<sup>2</sup> o mm)



Para realizar un diseño exacto se pueden obtener las alturas de precipitación locales válidas en la autoridad competente (Instituto Nacional de Meteorología). Ver Tabla 9.

5) Necesidad de uso en puntos de servicio de agua pluvial (Nd) (tabla 8) y nº de personas (Np).

**Tabla 7 - Coeficientes de rendimiento (e)**

Naturaleza	Coeficiente de rendimiento % e
Tejado duro inclinado <sup>1</sup>	0,8
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde intensivo	0,3
Tejado verde extensivo	0,5
Superficie empedrada/superficie con empedrado compuesto	0,5
Revestimiento asfáltico	0,8

<sup>1</sup>Diferencias en función de la capacidad de absorción y la aspereza.

**Tabla 8- Cálculo de la necesidad de agua de servicio anual (Nd)**

Para los cálculos individuales de necesidad se indican en los siguientes valores:

Punto de consumo/servicio	Necesidad diaria por persona Nd	Coeficiente de rendimiento % e
·Cisternas lavabos en servicio doméstico*	24 l/persona x día	-
·Cisternas lavabos en oficinas*	12 l/persona x día	-
·Otros cisternas lavabos*	6 l/persona x día	-
Riego de jardines por 1m <sup>2</sup> de jardín		60 l/m <sup>2</sup>

\*Medias calculadas por cisternas con sistema de ahorro de agua.

OBSERVACION: Si se conectan lavadoras, la necesidad diaria por persona aumenta 10litros/persona x día.

**Tabla 9- Estudio volumen medio depósito aguas de lluvia/pluviometría en España**

CCAA	Observatorio	D	R	RM	Estiaje												Ha	CD	
					E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Andalucía	Almería	57.7	2.0	9.0														204	-
	Cádiz	58.9	3.0	36.0														606	0,159
	Ceuta	58.8	2.0	12.0														586	-
	Córdoba	57.1	8.0	46.0														606	0,159
	Granada-Aer.	56.2	7.0	47.0														358	-
	Huelva	57.6	4.0	35.0														516	-
	Jaén	57.0	11.0	34.0														558	-
	Jerez F.	58.3	7.0	84.0														646	0,159
	Málaga	58.4	7.0	91.0														586	-
	Melilla	58.0	3.0	14.0														368	-
Sevilla	58.2	9.0	58.0														607	0,159	
Tarifa	58.2	5.0	79.0														717	0,159	
Aragón	Huesca	51.0	65.0	144.0														587	-
	Teruel	48.5	46.0	109.0														382	-
	Zaragoza	53.0	43.0	150.0														314	-
Asturias	Austrias-Aer.	34.4	103.0	154.0														1,148	0,093
	Gijón	35.1	84.0	172.0														959	0,093
	Oviedo	32.5	101.0	165.0														971	0,093
Balears	Eivissa	52.9	20.0	78.0														421	-
	Maó	51.6	18.0	53.0														600	0,143
	Palma-Aer.	52.4	28.0	65.0														423	-
	Palma-Centro	51.2	15.0	66.0														410	0,143
	Pollensa	52.8	34.0	96.0														778	-
Canarias	Fuerteventura	147.0	3.0	19.0														91	-
	Hierro	148.7	3.0	10.0														187	-
	Izaña	89.0	3.0	24.0														504	-
	La Palma	88.0	2.0	9.0														336	-
	Lanzarote	140.1	4.0	14.0														112	-
	La Palma-Aer.	147.5	10.0	85.0														118	-
	La Palma-Pto.	114.7	6.0	24.0														112	-
	Sta. C. Tenerife	84.5	2.0	13.0														234	-
	Los Rodeos-TF	50.8	13.0	32.0														618	-
	Reina Sofia-TF	148.9	4.0	14.0														83	-
Cantabria	Santander	32.3	11.6	267.0														1,268	0,088
Castilla	Albacete	54.6	22.0	53.0														366	-



<b>LEYENDA:</b>	D	:N° días sin precipitación en el período más desfavorable (máximo medio)
	R	:Precipitación media mensual (mm) en los meses considerados en D.
	Rm	:Precipitación máxima mensual (mm) en los meses considerados en D.
	Ha	Precipitación anual media (mm).
	CD	Constante de acumulación
	Estiaje	Meses con menor precipitación o ausencia de ella.

### Formulario de cálculo para hallar el volumen útil de la cisterna de agua de lluvia

Constructor: \_\_\_\_\_

Proyecto: \_\_\_\_\_

Lluvia recuperada anual (LRA)	Superficie de captación A (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de rendimiento e (tabla 7)	Superficie de captación A <sub>eff</sub> [m <sup>2</sup> ]	Median anual precipitación (l/m <sup>2</sup> ) (tabla 9) Ha	Grado de efectividad filtrante hidr. η <sub>f</sub>
	Superficie tejado (incluyendo porche)	X	=	(según la información de la oficina meteorológica)	p. ej. 0.9 (=rendimiento medio realizando inspecciones periódicas del filtro)
	Otras superficies adecuadas	X	=		
			Σ	X	
Rendimiento anual de agua pluvial en litros = Σ <sub>aeff</sub> X Ha X η <sub>f</sub> = LRA =					(l)

**Tabla 10 Lluvia recuperada anual. (LRA)**



Necesidad de agua pluvial anual (NDT)	Tipo uso	Necesidades de agua de servicio en litros por día y persona (valores tabla 8) $N_d$	Número de personas $N_p$	Espacio de tiempo de días por año (uso anual) $U$	Necesidad de agua de servicio en litros por año $N_o$
	Lavabos	<input type="text"/> (l/pxd)	x <input type="text"/> (p)	x <input type="text"/> (d)	=(1) <input type="text"/> (l)
	otro usos	<input type="text"/> (l/pxd)	x <input type="text"/> (p)	x <input type="text"/> (d)	=(2) <input type="text"/> (l)
	Riego de jardín	Tamaño de jardín en $m^2$ <input type="text"/> $m^2$	Necesidades de agua en $l/m^2$ <input type="text"/> (tabla 8)	x <input type="text"/> ( $l/m^2$ )	=(3) <input type="text"/> (l)
Necesidad anual de agua para el servicio (1)+(2)+(3) en litros por año = NDT					<input type="text"/> (l)

Tabla 11 Necesidades de agua pluvial anual (NDT)

Volumen útil cisterna (VU)	<b>Observación:</b> Para el cálculo del Vu se debe usar el valor menor de LRA (lluvia recuperada anual) o NDT (necesidad de agua pluvial anual).				
	Menor valor LRA o NDT				
	<input type="text"/>	(l) + 5% factor seguridad=	<input type="text"/>	(l) x constante de acumulación CD (tabla 9)=	<input type="text"/>
Volumen útil seleccionado en litros=					<input type="text"/> (l)

Tabla 12 Volumen útil cisterna (VU)

### Volumen útil cisterna de captación de agua pluvial:

Las condiciones de compatibilidad que se deben tener en cuenta para la medición del volumen mínimo de agua son:

- La toma de agua debe poder instalarse de forma que no se aspire ni sedimento ni capa flotante ni aire.
- Se debe garantizar que, utilizando bombas sumergibles, se mantenga la profundidad de inmersión necesaria según las Indicaciones del fabricante.



## I.V Modelo de cálculo II Criterios de cálculo JIMTEN<sup>26</sup>

### 1.- CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGUA DE LLUVIA A ENCAUZAR

a) Determinación de la superficie de captación de agua "S", de cada una de las vertientes de la cubierta en estudio, siendo la superficie de captación de la vertiente la proyección sobre el plano horizontal de la superficie de la misma.

EJEMPLO: Edificio en Alicante, según figura siguiente con:

$$a = 12 \text{ m}$$

$$b = 9,6 \text{ m}$$

$$c = 7,6 \text{ m}$$

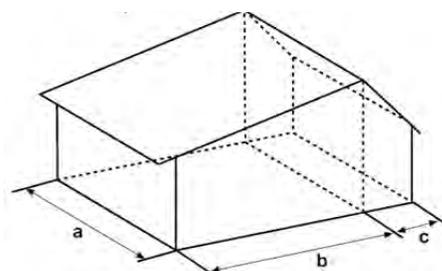


Figura 17 Croquis Edificio Alicante

Vertiente 1. Superficie de captación (S1)  $S1 = a \times b$

Vertiente 2. Superficie de captación (S2)  $S2 = a \times c$

Solución al ejemplo:  $S1 = 12 \times 9,6 = 116 \text{ m}^2$

$S2 = 12 \times 7,6 = 92 \text{ m}^2$

b) Definición del índice pluviométrico (Im)

Es la precipitación máxima, en litros por minuto, que se haya mantenido durante cinco minutos, en la localidad o zona en estudio, estudiando un período de tiempo de 20 años.

<sup>26</sup> JIMTEN. Criterios de calculo. [Online].; 2012 [cited 2011 Febrero 19. Available from: <http://www.valgroup.es/carac/25036001.pdf>



Zona	Comarcas de:	l/min/m <sup>2</sup>
A	Gerona, Barcelona y Tarragona.	2.87
B	Castellón y Valencia.	2.67
C	Alicante, Murcia y Almería.	2.47
D	Granada, Málaga y Cádiz.	1.03
E	Cádiz, Huelva, Sevilla, Córdoba y Jaén.	1.33
F	Cáceres, Badajoz, Toledo y Ciudad Real.	1.23
G	Zamora, Valladolid, Salamanca, León y Palencia	2.17
H	Pontevedra, La Coruña, Lugo y Orense	2.00
I	Oviedo y Santander	1.73
J	Santander, Vizcaya y Guipúzcoa	2.17
K	Álava, navarra, Zaragoza, Huesca, Lérida, Tarragona, Teruel y Logroño	1.67
L	Teruel, Murcia, Cuenca y Albacete	0.60
M	Granada, Jaén, Ciudad Real, Toledo, Ávila, Segovia, Guadalajara y Madrid	2.00
N	Soria, Palencia, Burgos, Logroño y Zaragoza	1.67
O	Baleares	1.70
P	Canarias, Islas más lluviosas	1.73
Q	Canarias, Islas menos lluviosas	0.90



Tabla 14 Índices pluviométricos para España cuadro y mapa.

c) Cálculo del caudal por vertiente, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{S \times I_m}{60}$$

Siendo:

Q = caudal calculado en l/s

S = superficie de captación por vertiente en m<sup>2</sup>.

I<sub>m</sub> = índice pluviométrico considerado en l/min.

EJEMPLO: Del cuadro se obtiene el dato para Alicante que corresponde a la zona C, con un I<sub>m</sub> = 2,47 l/min/m<sup>2</sup>.

Vertiente 1:

$$Q_1 = \frac{S_1 \times I_m}{60} = \frac{116 \times 2.47}{60} = 4.8 \text{ l/s}$$

Vertiente 2:

$$Q_2 = \frac{S_2 \times I_m}{60} = \frac{92 \times 2.47}{60} = 3.78 \text{ l/s}$$



## 2.- DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE BAJANTES POR VERTIENTE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CANALON.

Conocido el tipo de canalón a utilizar (Serie Alfa, Circular o Serie Omega), tomar el valor de caudal máximo por bajante en litros por segundo (l/s) que se da en la tabla de 15 características de bajantes.

Dividir el resultado del caudal a evacuar por vertiente, por el caudal máximo por bajante obtenido en el punto anterior para obtener el número mínimo de bajantes necesario por vertiente.

**EJEMPLO:** Se escoge el canalón tipo Serie Omega, cuyo caudal máximo es de 2 l/s.  
El número de bajantes por cada vertiente será:

$$\text{Vertiente 1:} \quad N1 = \frac{Q1}{2} = \frac{4.8}{2} = 2.4 \text{ aprox.}3$$

$$\text{Vertiente 2:} \quad N2 = \frac{Q2}{2} = \frac{3.78}{2} = 1.89 \text{ aprox.}2$$

O se escoge el canalón tipo Serie Alfa, cuyo caudal máximo es de 3,5 l/s.

$$\text{Vertiente 1:} \quad N1 = \frac{Q1}{3.5} = \frac{4.8}{3.5} = 1.28 \text{ aprox.}2$$

$$\text{Vertiente 2:} \quad N2 = \frac{Q2}{3.5} = \frac{3.78}{3.5} = 1.08 \text{ aprox.}2$$



### 3.- PARTICULARIDADES A TENER EN CUENTA

#### a) Tipo de montaje de los distintos canalones:

##### 1) Canalón encolado

##### 2) Canalón con junta labiada

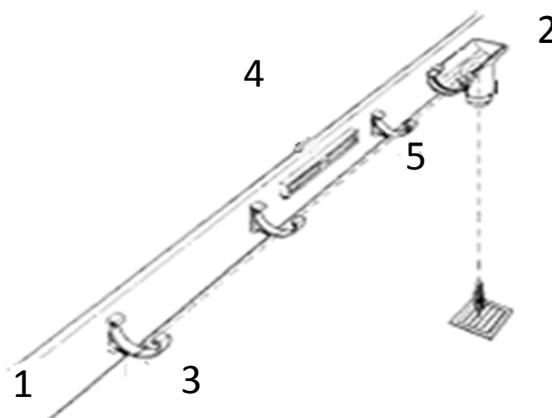
#### b) Consideraciones térmicas (dilatación):

##### 1) En el canalón encolado:

a) Tener en cuenta hacia donde queremos dirigir la dilatación (por lo que los puntos fijos, bajantes de dilatación y juntas de dilatación, tendrán que absorber la dilatación del resto). La máxima longitud de canalón por bajante serán 12 m para absorber la posible dilatación. Considerando siempre el índice pluviométrico y la superficie a evacuar.

b) En el canalón, los ganchos deberán estar a un máximo de 60 cm entre sí en las zonas móviles (dilatables) y siempre a 5 cm. como mínimo de cualquier obstáculo que impida su movilidad. En las bajantes se deberá pasar las bridas o abrazaderas como máximo cada dos metros en vertical y cada metro en horizontal y nunca encolar la bajante al elemento de dilatación.

2) En el canalón con junta: Se deberá colocar el perfil hasta la marca de los accesorios, dejando un espacio de 9,75 mm. Como junta de dilatación hasta el tope, dejando como máximo una longitud entre bajantes de 12 m. para absorber la posible dilatación, considerando siempre el índice pluviométrico y la superficie de cubierta a evacuar.



*Figura 18. Canalón con junta*



c) Condiciones técnicas de montaje:

1) Considerar el elemento sobre el que se piensa anclar los ganchos de fijación del canalón, sea en elementos sustentantes de cubierta, rastreles de cubierta, teja, pizarra o parámetros horizontales. Todos ellos deberán estar en perfecto estado y permitir la fijación de los ganchos con suficiente rigidez.

2) Replanteo del canalón y fijar la posición en que se deben colocar los elementos fijos (anclados), bajantes de dilatación, etc.

3) Trazado de la línea de canalón determinando el recorrido y la pendiente, teniendo en cuenta que la pendiente aconsejable es de entre 0,3 y 0,5% (de 3 a 5 mm cada metro).

4) Anclaje de los puntos fijos de canalón según la tirada:

a) Si se ha considerado bajante fija, se deberá colocar esta y los ganchos de sujeción según la traza.

b) Si se ha considerado bajante de encolar, colocar la funda de dilatación y/o los puntos que se tienen que mantener fijos, así como los ganchos de sujeción, según el replanteo realizado y la traza marcada.

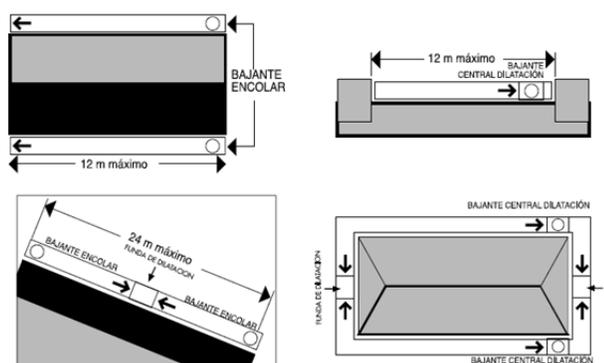
5) Colocación de las bajantes:

Se deberán colocar siempre de arriba a abajo, teniendo en cuenta que la unión de bajante canalón deberá dejarse sin encolar para absorber la dilatación, sujetándose con abrazaderas distanciadas como máximo a 2 m.



Serie	Material	Tipo de unión	Cálculo Máx. por bajante l/s	Superficie Máx. lm=3 l/min./m <sup>2</sup>	Colores	Bajante mm	Dilatación mm/m/°C
Alfa	PVC U	Encolar	3,5	70	Blanco Arena	Rectangular 100 x 73 Tubular Ø80	0.05
Circular	PVC U	Encolar	3,25	65	Blanco Arena gris	Tubular Ø 80	0.05
Omega	PVC U	Junta labiada con clip de seguridad	2	40	Negro Blanco Marrón Gris	Cuadrada 65 x 65	0.05

*Tabla 15 características de bajantes*



*Figura 19 Situación de las piezas de compensación de bajantes*

#### Controles de calidad.

Los canalones Jimten están fabricados con formulación de PVC resistente a largo plazo contra las radiaciones ultravioleta y el choque térmico.

Los resultados de los ensayos superan ampliamente las especificaciones de la Norma Europea EN 607.

Se dispone en origen del Certificado ATEC nº 5+15/79-279 del Centro Científico de Técnicas de Fabricación Francés, que nos obliga a establecer permanentemente rigurosos controles de calidad que dan garantía total a nuestro producto.



Debido a sus más de 300 días de sol al año y por su proximidad al mar (aire salino), el clima de Alicante, reconocido como referencia a nivel mundial, nos ha permitido comprobar a lo largo de los últimos años, mediante un banco de pruebas situado en el exterior de nuestras instalaciones, la gran resistencia a la intemperie de los canalones JIMTEN.

Este banco de pruebas, permite calcular también los coeficientes de dilatación/contracción de los distintos perfiles en función de los cambios de temperatura, así como controlar la incidencia de la radiación UV - ultravioleta, en el color de los materiales utilizados, (controles realizados según la Norma Internacional ISO 105 AZ), obteniendo siempre resultados óptimos.

### **I.VI Modelo de cálculo III FERNÁNDEZ <sup>27</sup>**

Teniendo en cuenta el abastecimiento y la demanda, y permite calcular las dimensiones más apropiadas para el depósito. Es, por tanto, un poco más exacto en cuanto a dimensionado, pues proporciona más datos que el anterior. Abastecimiento:

El cálculo del abastecimiento se realiza según la siguiente fórmula:

$$\mathbf{A_i = (P_{pi} \times C_e \times S_c) / 1000}$$

**Siendo:**

**A<sub>i</sub> = abastecimiento del mes i, en m<sup>3</sup>**

**P<sub>pi</sub> = precipitación promedio del mes i**

**C<sub>e</sub> = coeficiente de esorrentía**

**S<sub>c</sub> = superficie de captación (en proyección horizontal)**

El coeficiente de esorrentía es una constante que depende del material que forma la cubierta:

---

<sup>27</sup> IVÁN FP. Aprovechamiento de aguas pluviales. [Online].; 2009 [cited 2011 Mayo 21. Available from: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7222/1/pfc-e%202009.058%20mem%C3%B2ria.pdf>.



**Materiales cerámicos = 0.85 – 0.90**

**Pizarra = 0.70 – 0.95**

**Gravilla = 0.15 – 0.30**

Demanda:

La fórmula de la demanda es la siguiente:

$$D_i = (N_u \times N_{di} \times D) / 1000$$

**Siendo:**

**$D_i$  = demanda del mes  $i$ , en m<sup>3</sup>.**

**$N_u$  = nº de usuarios del sistema**

**$N_{di}$  = nº de días del mes  $i$**

**$D$  = dotación en l/día (por persona, por m<sup>2</sup> de jardín...)**

Para adecuar la fórmula al dimensionado de un depósito para riego de zonas verdes,  $U_n$  = m<sup>2</sup> de jardín a regar y  $D$  = dotación de l/m<sup>2</sup> y según las necesidades hídricas de las especies vegetales a irrigar.

### **Ejemplo 1**

Cálculo del abastecimiento, demanda y volumen del depósito necesario (cantidad máxima resultante de la diferencia entre  $A_i$  y  $D_i$ ) según las siguientes especificaciones:

- 500 m<sup>2</sup> de superficie ajardinada situada en Barcelona.
- Dotación de 4.5 l/m<sup>2</sup> por día (50 % de superficie de césped, 6 l/m<sup>2</sup> por día, y 50% de superficie arbolada con especies autóctonas, 3 l/m<sup>2</sup> y día)
- Riego diario
- 1200 m<sup>2</sup> de superficie de cubiertas de rasilla cerámica ( $C_e = 0.85$ ).



MES	DÍAS	PRECIP. MEDIA (mm/m <sup>2</sup> )	ABASTECIMIENTO		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		DIF. (m <sup>3</sup> )	
			(m <sup>3</sup> )		Parcial	Acumulado		
			Parcial	Acumulado				
SEPT	30	85,00	108,38	108,38	67,50	67,50	40,88	+
OCT	31	100,00	127,50	235,88	69,75	137,25	98,63	+
NOV	30	55,00	70,13	306,00	67,50	204,75	101,25	MÁX.
DIC	31	50,00	63,75	369,75	69,75	274,50	95,25	+
ENE	31	40,00	51,00	420,75	69,75	344,25	76,50	+
FEB	28	40,00	51,00	471,75	63,00	406,25	64,50	+
MAR	31	50,00	63,75	535,50	69,75	477,00	58,50	+
ABR	30	55,00	70,13	605,63	67,50	544,50	61,13	+
MAY	31	55,00	70,13	675,75	69,75	714,25	61,50	+
JUN	30	40,00	51,00	726,75	67,50	681,75	45,00	+
JUL	31	30,00	38,25	765,00	69,75	751,50	13,50	+
AGO	30	50,00	63,75	828,75	67,50	819,00	9,75	+

*Tabla 15 Cálculos Abastecimiento, Demanda y Volumen de almacenamiento.*

La cantidad máxima acumulada es de 101.25 m<sup>3</sup>. El depósito que se elegiría sería el existente en el mercado que más se aproxima a ese volumen, que es de 100 m<sup>3</sup>.

## Ejemplo 2

Cálculo del abastecimiento, demanda y volumen del depósito necesario (cantidad máxima resultante de la diferencia entre  $A_i$  y  $D_i$ ) según las siguientes especificaciones:

- 1000 m<sup>2</sup> de superficie ajardinada situada en Barcelona.
- Dotación de 4.5 l/m<sup>2</sup> por día (50 % de superficie de césped, 6 l/m<sup>2</sup> por día, y 50% de superficie arbolada con especies autóctonas, 3 l/m<sup>2</sup> y día)- 2000 m<sup>2</sup> de superficie de cubiertas de rasilla

Cerámica ( $C_e = 0.85$ ).

La cantidad máxima acumulada es de 40 m<sup>3</sup>. Se elegiría un depósito de ese volumen. Vemos que, con estos mismos datos, según los cálculos realizados mediante el método 1 el depósito mínimo aconsejado es de 135 m<sup>3</sup>.

Esta disparidad de conclusiones se debe a que, como ya hemos apuntado anteriormente, el primer método solamente tiene en cuenta la superficie a regar y la dotación necesaria según las especies vegetales existentes, mientras que el segundo se ve limitado por el volumen susceptible de ser recogido por la superficie de captación disponible.



MES	DÍAS	PRECIP. MEDIA (mm/m <sup>2</sup> )	ABASTECIMIENTO (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		DIF. (m <sup>3</sup> )	
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado		
			SEPT	30	85,00	108,38		
OCT	31	100,00	127,50	235,88	69,75	137,25	98,63	+
NOV	30	55,00	70,13	306,00	67,50	204,75	101,25	MÁX.
DIC	31	50,00	63,75	369,75	69,75	274,50	95,25	+
ENE	31	40,00	51,00	420,75	69,75	344,25	76,50	+
FEB	28	40,00	51,00	471,75	63,00	406,25	64,50	+
MAR	31	50,00	63,75	535,50	69,75	477,00	58,50	+
ABR	30	55,00	70,13	605,63	67,50	544,50	61,13	+
MAY	31	55,00	70,13	675,75	69,75	714,25	61,50	+
JUN	30	40,00	51,00	726,75	67,50	681,75	45,00	+
JUL	31	30,00	38,25	765,00	69,75	751,50	13,50	+
AGO	30	50,00	63,75	828,75	67,50	819,00	9,75	+

*Tabla 16 Cálculos Abastecimiento, Demanda y Volumen de almacenamiento.*

Para realizar el cálculo del ahorro que significa el uso de aguas pluviales en el riego del jardín, hemos de recurrir a los datos de volúmenes obtenidos mediante los dos métodos utilizados: se recomendaba un volumen mínimo de 62.50 m<sup>3</sup> para cubrir totalmente las necesidades de irrigación de la superficie existente, aunque, con la superficie de captación de pluviales disponible se aseguraba un volumen máximo de acumulación de 33.87 m<sup>3</sup>. La instalación final, ligeramente sobredimensionada (un 25%), dispone de un volumen total de 40 m<sup>3</sup> ampliables. Si con el sobredimensionado se obtuviesen los resultados deseados, se cubrirían aproximadamente el 65% de las necesidades anuales del jardín, mientras que si la instalación acumula el volumen estimado según el 2º método se llegaría al 55%. Dado que no es posible prever que el sistema funcione a máxima capacidad constantemente, estimaremos en un 60 % el porcentaje de agua necesaria para el riego obtenida de la lluvia.

$$5'02 \text{ l/día y m}^2 \times 365 \text{ días} \times 415 \text{ m}^2 = 760400 \text{ l} = 760'40 \text{ m}^3.$$

$$760'40 \text{ m}^3 \times 0.60 = 456'24 \text{ m}^3$$

- Precio del agua potable de red = 1'50 €/m<sup>3</sup>

$$456'24 \text{ m}^3/\text{año} \times 1'50 \text{ €/m}^3 = 684'36 \text{ €/año}$$



## **I.VII Modelo de cálculo IV UNAT\$ABAR.**<sup>28</sup>

Este método realizado en la Ciudad de Lima Perú, en el año del 2004 conocido como: “Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento” toma como base de datos la precipitación de los 10 - 15 últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina a) el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento, o b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo.

Los datos complementarios para el diseño son:

- Número de usuarios,
- Coeficiente de escorrentía;
  - calamina metálica 0.9
  - tejas de arcilla 0.8 - 0.9
  - madera 0.8 - 0.9
  - paja 0.6 - 0.7
- Demanda de agua.

Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

Determinación de la precipitación promedio mensual; a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 - 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado y por mes que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo.

---

<sup>28</sup> Organización Panamericana de la Salud. Guía de diseño para captación de agua de lluvia. [Online].; 2004 [cited 2011 Junio 12. Available from: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%204%20Lluvia/Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>



$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n}$$

n: número de años evaluados,

pi: valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

Ppi: precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados. (mm)

Determinación de la demanda; a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = (N_u \times N_{di} \times D) / 1000$$

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Ndi: número de días del mes analizado

Dot: dotación (lts/persona. Día)

Di: demanda mensual (m<sup>3</sup>)

Determinación del volumen del tanque de abastecimiento; teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de esorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = (P_{pi} \times C_e \times S_c) / 1000$$

Ppi: precipitación promedio mensual (litros/m<sup>2</sup>)

Ce: coeficiente de esorrentía

Ac: Superficie de captación (m<sup>2</sup>)

Ai: Abastecimiento correspondiente al mes "i" (m<sup>3</sup>)



Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de cada uno de los meses de la oferta y la demanda respectivamente.

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan porque el área supuesta no es capaz de captar la cantidad de agua demandada por los interesados.

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa.

Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por:

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times CexAc}{1000}$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + Nu \times Nd_i \times Dd_i$$

Aai: volumen acumulado al mes “i”.

Dai: demanda acumulada al mes “i”.

$$V_i (m3) = A_i (m3) - D_i (m3)$$

Vi: volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

Ai: volumen de agua que se captó en el mes “i”.

Di: volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

#### Ejemplo 1

Determinación del área de techo requerida y del volumen del tanque de almacenamiento.



Determinar el área de techo y el volumen del tanque del almacenamiento más económico según las precipitaciones y demanda mensual de agua indicada en el cuadro N°1, teniendo en cuenta los siguientes criterios de diseño.

Material de techo: teja de arcilla

Coefficiente de escorrentía: 0.8

Personas a ser beneficiadas: 6

Costo de reservorio por m<sup>3</sup>: US\$ 50

Costo de techo por m<sup>2</sup>: US\$ 10

Para el análisis matemático, se asumirán áreas de techo de 50, 60 y 65 metros cuadrados respectivamente. En los cuadros adjuntos, se pueden apreciar los resultados de los cálculos efectuados y que se sintetizan como sigue:

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Diferencias acumulativas (m <sup>3</sup> )	
	Máximo valor (volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (volumen de reserva m <sup>3</sup> )
50	12.10	-2.87
60	15.63	1.47
65	17.39	3.64

*Tabla 16 Área de techo y diferencias acumulativas*

Del análisis del cuadro en donde se sintetizan los resultados, se nota que no debe considerarse en la evaluación final el área de techo de 50 metros cuadrados por haberse obtenido valores negativos durante tres meses, lo que se traduce en que no habría agua para abastecer a los interesados durante los últimos tres meses del año. De este modo, el área idónea que puede atender la demanda deben ser igual o mayor a 60 m<sup>2</sup>.

El volumen de almacenamiento neto debe ser de 14.16 m<sup>3</sup> (15.63 – 1.47) para un techo de 60 m<sup>2</sup> y de 13.75 (17.39-3.64) para un techo de 65 m<sup>2</sup>. Si se considera una reserva mínima de 1.47 m<sup>3</sup>, los costos que representa cada una de las implementaciones para las dos áreas de techo remanentes, es decir para 60 y 65 m<sup>2</sup> son:



Área de techo (m <sup>2</sup> )	Volumen del Tanque (m <sup>3</sup> )	Costo (US\$)		
		Techo	Tanque	Total
60	15.63	600.00	781.50	1381.50
65	15.22	650.00	761.00	1411.00

*Tabla 17 Área de techo, Volumen del tanque y costo.*

El costo de implementación del sistema más económico conformado por un techo de un área de 60 m<sup>2</sup> y un reservorio de 15.63 m<sup>3</sup> con una capacidad extra de almacenamiento de 1.47 m<sup>3</sup> es de US\$1.381.50. Aumentaría a US\$ 1411.00 si el techo tuviera un área de 65 m<sup>2</sup> y el reservorio con su capacidad extra de 1.47 m<sup>3</sup> fuera de 15.22 m<sup>3</sup>.

### Datos básicos

#### Método del cálculo del volumen del tanque de almacenamiento

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
10	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	10

*Tabla 18 Demanda diaria por persona (lppd)*



año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1980	0	0	9	0	0	74	270	92	0	0	0	16
1981	18	8	13	26	58	22	501	89	80	0	26	0
1982	10	0	0	81	71	0	105	308	10	37	0	23
1983	0	0	0	0	0	0	431	68	18	1	0	0
1984	0	0	0	0	0	9	34	42	0	0	0	0
1985	0	10	0	0	64	0	226	338	0	110	0	15
1986	8	24	7	0	57	16	308	110	23	0	0	0
1987	17	0	0	3	0	24	95	136	48	0	0	6
1988	25	0	0	0	0	34	196	101	57	0	0	0
1989	0	78	0	0	5	11	67	201	10	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	67	250	186	92	0	15	0
1991	18	0	4	0	25	23	176	291	46	0	0	25
1992	0	26	0	0	0	2	316	234	141	0	0	0
1993	39	0	0	5	2	112	174	79	101	0	0	0
1994	28	0	14	0	0	109	267	212	79	0	0	0
Prom	10.87	9.73	3.13	7.67	18.80	33.53	227.73	165.80	47.00	9.87	2.73	5.67

*Tabla 19 Precipitación mensual (mm)*

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1860	2520	2790	2700	1860	1800	1860	1860	1800	1860	1800	1860
10.87	9.73	3.13	7.67	18.80	33.53	227.73	165.80	47.00	9.87	2.73	5.67

*Tabla 20 Demanda total mensual para la familia de seis personas (litros)*

ES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
<b>Julio</b>	227.73	9.109	9.11	1.86	1.86	7.25
<b>Agosto</b>	165.80	6.632	15.74	1.86	3.72	12.02
<b>Septiembre</b>	47.00	1.880	17.62	1.80	5.52	12.10
<b>Octubre</b>	9.87	0.395	18.02	1.86	7.38	10.64
<b>Noviembre</b>	2.73	0.109	18.13	1.80	9.18	8.95
<b>Diciembre</b>	5.67	0.227	18.35	1.86	11.04	7.31
<b>Enero</b>	10.87	0.435	18.79	1.86	12.90	5.89
<b>Febrero</b>	9.73	0.389	19.18	2.52	15.42	3.76
<b>Marzo</b>	3.13	0.125	19.30	2.79	18.21	1.09
<b>Abril</b>	7.67	0.307	19.61	2.70	20.91	-1.30
<b>Mayo</b>	18.80	0.752	20.36	1.86	22.77	-2.41
<b>Junio</b>	33.53	1.341	21.70	1.80	24.57	-2.87

*Tabla 21 Cálculo para un techo de 50 m<sup>2</sup>*



MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Julio	227.73	10.931	10.93	1.86	1.86	9.07
Agosto	165.80	7.958	18.89	1.86	3.72	15.17
Septiembre	47.00	2.256	21.15	1.80	5.52	15.63
Octubre	9.87	0.474	21.62	1.86	7.38	14.24
Noviembre	2.73	0.131	21.75	1.80	9.18	12.57
Diciembre	5.67	0.272	22.02	1.86	11.04	10.98
Enero	10.87	0.522	22.54	1.86	12.90	9.64
Febrero	9.73	0.467	23.01	2.52	15.42	7.59
Marzo	3.13	0.150	23.16	2.79	18.21	4.95
Abril	7.67	0.368	23.53	2.70	20.91	2.62
Mayo	18.80	0.902	24.43	1.86	22.77	1.66
Junio	33.53	1.610	26.04	1.80	24.57	1.47

*Tabla 22 Cálculo para un techo de 60 m<sup>2</sup>*

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Julio	227.73	11.842	11.84	1.86	1.86	9.98
Agosto	165.80	8.622	20.46	1.86	3.72	16.74
Septiembre	47.00	2.444	22.91	1.80	5.52	17.39
Octubre	9.87	0.513	23.42	1.86	7.38	16.04
Noviembre	2.73	0.142	23.56	1.80	9.18	14.38
Diciembre	5.67	0.295	23.86	1.86	11.04	12.82
Enero	10.87	0.565	24.42	1.86	12.90	11.52
Febrero	9.73	0.506	24.93	2.52	15.42	9.51
Marzo	3.13	0.163	25.09	2.79	18.21	6.88
Abril	7.67	0.399	25.49	2.70	20.91	4.58
Mayo	18.80	0.978	26.47	1.86	22.77	3.70
Junio	33.53	1.744	28.21	1.80	24.57	2.64

*Tabla 23 Cálculo para un techo de 65 m<sup>2</sup>*

## Ejemplo 2

Determinación de la dotación de agua y del volumen del tanque de almacenamiento con un área de techo definida.

Determinar la dotación de agua per cápita y el volumen del tanque de almacenamiento más económico para una vivienda con un área de techo de 50 m<sup>2</sup> y en la que habita una familia de cinco personas. El techo está fabricado con tejas de arcilla cocida.

Considerar para el presente caso, los datos de precipitación del cuadro anterior.



Material de techo: tejas de arcilla

Área de techo existente: 50 m<sup>2</sup>

Coefficiente de escorrentía: 0.8

La determinación de la oferta de agua para el techo de 50 m<sup>2</sup> se realiza de forma similar al ejemplo anterior

MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )	
		Parcial	Acumulado
Julio	227.73	9.109	9.11
Agosto	165.80	6.632	15.74
Septiembre	47.00	1.880	17.62
Octubre	9.87	0.395	18.02
Noviembre	2.73	0.109	18.13
Diciembre	5.67	0.227	18.35
Enero	10.87	0.435	18.79
Febrero	9.73	0.389	19.18
Marzo	3.13	0.125	19.30
Abril	7.67	0.307	19.61
Mayo	18.80	0.752	20.36
Junio	33.53	1.341	21.70

Tabla 24 Meses del año, Precipitación y abastecimiento parcial y acumulado

Del cuadro se puede observar que la oferta de agua que brinda el techo de 50 m<sup>2</sup> a lo largo del año es de 21.7 m<sup>3</sup>. Considerando una reserva de 1 m<sup>3</sup> de agua, se tiene que la dotación diaria de agua para cada una de las cinco personas que habitan en la vivienda es:

$$\frac{(21.7\text{m}^3 - 1.0\text{m}^3) \times \left(\frac{1000\text{lt}}{\text{m}^3}\right)}{365\text{días} \times 5\text{hab.}} = 11.34 \text{ litros/hab-día}$$

A partir de la dotación diaria establecida en 11.34 litros/hab-día y que permite determinar la demanda, así como la oferta de agua de lluvia, se determina que el volumen del tanque de almacenamiento debe ser de 12.44 m<sup>3</sup>.



MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
Julio	227.73	9.109	9.11	1.73	1.73	7.38
Agosto	165.80	6.632	15.74	1.73	3.45	12.29
Septiembre	47.00	1.880	17.62	1.73	5.18	12.44
Octubre	9.87	0.395	18.02	1.73	6.90	11.12
Noviembre	2.73	0.109	18.13	1.73	8.63	9.50
Diciembre	5.67	0.227	18.35	1.73	10.35	8.00
Enero	10.87	0.435	18.79	1.73	12.08	6.71
Febrero	9.73	0.389	19.18	1.73	13.80	5.38
Marzo	3.13	0.125	19.30	1.73	15.53	3.77
Abril	7.67	0.307	19.61	1.73	17.25	2.36
Mayo	18.80	0.752	20.36	1.73	18.98	1.38
Junio	33.53	1.341	21.70	1.73	20.70	1.00

*Tabla 25 Cálculos, Abastecimiento, Demanda y volumen de tanque de almacenamiento*

## **I.VIII Modelo de cálculo V PALACIO**<sup>29</sup>

Éste proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. Además se presenta un análisis de la viabilidad técnica y económica de dicho aprovechamiento, en una institución educativa del municipio de Caldas, Antioquia.

### **INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA**

Para desarrollar el diseño se debe tener la información pluviométrica de la zona, la cual debe ser de mínimo diez (10) años consecutivos, para tener mayor confiabilidad en el diseño. Adicionalmente, para un mejor análisis de la información se debe tener presente si durante el periodo contemplado se presentaron los fenómenos de El Niño y La Niña, pues dichos fenómenos intervienen directamente con la disponibilidad de agua lluvia, ya sea porque ésta se vuelva escasa o abundante. La información sobre los periodos de dichos fenómenos en el tiempo de evaluación de la zona, se presentan en la Tabla 4. Con los datos diarios obtenidos, se estiman los promedios mensuales de precipitación, de acuerdo con la Ecuación 1:

$$i=n$$

<sup>29</sup> PALACIO CN. PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. [Online].; 2010 [cited 2011 Noviembre 23. Available from: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>



$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1} p_i}{n} \quad (1)$$

Dónde:

$P_{pi}$ : precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados (mm/mes)

n: número de años evaluados

$p_i$ : valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

### MODELO DE CÁLCULOS

El desarrollo del diseño consta principalmente de la determinación de la demanda de agua, la oferta relacionada con la precipitación de la zona, el volumen de almacenamiento del agua lluvia, el interceptor de las aguas de lavado del techo, el filtro y la red de distribución de las aguas lluvias. A continuación se presentan los modelos de cálculos para cada componente.

Demanda de agua en el mes “i” ( $D_i$ )

La demanda de agua se puede estimar de diferentes maneras, una de ellas, como la plantea el *CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003.*, es la siguiente: a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de las personas a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000} \quad (2)$$



Dónde:

Di: demanda mensual (m3)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)

La ecuación 2 es efectiva cuando se requiere estimar la demanda de agua total para una vivienda, pero para determinar la demanda requerida únicamente para los sistemas sanitarios y para los lava-escobas se debe afectar la anterior ecuación por el 20% y el 5%, porcentajes estimados por el Departamento Nacional de Planeación. Determinación de los consumos básicos de agua potable en Colombia. 1991. (Ballén, Galarza y Ortiz), Ballén S., J.A., Galarza G, M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua., (2006). Los cuales corresponden a los porcentajes de consumo de las unidades sanitarias y de los lava-escobas, respectivamente.

Así, la demanda de agua para dichas unidades se determina de la siguiente manera:

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot \times 25\%}{1000} \quad (3)$$

Dónde:

Di: demanda mensual (m3)

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema (variable, según el mes, como se indicó anteriormente).

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (L/persona/día)



25%: porcentaje de consumo de sanitarios más lava-escobas.

Oferta de agua en el mes “i” ( $A_i$ )

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000} \quad (4)$$

Dónde:

$A_i$ : oferta de agua en el mes “i” ( $m^3$ )

$P_{pi}$ : precipitación promedio mensual ( $L/m^2$ )

$C_e$ : coeficiente de escorrentía

$A_c$ : área de captación ( $m^2$ )

De acuerdo con Abdulla y Al-Shareef, 1. *Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, (2006), 291-300.* 2. *Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243, 1-3 (2009), 195-207.* Muchos diseñadores asumen un valor del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, a la textura del material del techo, a las pérdidas en las canaletas y en el almacenamiento, y a la ineficiencia del sistema de captación, por tal razón se afecta el volumen de la oferta disponible por ese porcentaje para no sobredimensionar el sistema incluir en el diseño las pérdidas asociadas. De ésta manera ese valor porcentual se distribuye uniformemente durante los doce meses del año para determinar la oferta mensual, de la siguiente manera.

$$A'_i = A_i - \left( A_i * \frac{0.2}{12} \right) \quad (5)$$

Dónde:



$A^i$ : oferta de agua en el mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m<sup>3</sup>)

$A_i$ : oferta de agua en el mes "i" (m<sup>3</sup>)

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua potable y de la oferta mensual de agua lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes, encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua.

A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

Demanda acumulada ( $D_{ai}$ )

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + D_i \quad (6)$$

Dónde:

$D_{ai}$ : demanda acumulada al mes "i" (m<sup>3</sup>).

$D_{a(i-1)}$ : demanda acumulada al mes anterior "i-1" (m<sup>3</sup>).

$D_i$ : demanda del mes "i" (m<sup>3</sup>)

Oferta acumulada ( $A_{ai}$ )

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + A^i \quad (7)$$



Dónde:

A<sub>ai</sub>: oferta acumulada al mes “i” (m<sup>3</sup>).

A<sub>a (i-1)</sub>: oferta acumulada al mes anterior “i-1” (m<sup>3</sup>).

A<sup>“i”</sup>: oferta del mes “i” teniendo en cuenta las pérdidas (m<sup>3</sup>)

Volumen de almacenamiento (V<sub>i</sub>)

Para conocer el volumen necesario de almacenamiento se debe encontrar la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada para cada mes, de ésta manera el mayor valor de diferencia será el volumen del tanque adoptado. Si las diferencias dan valores negativos, quiere decir que las áreas de captación no son suficientes para satisfacer la demanda.

$$V_i = A_{ai} - D_{ai} \quad (8)$$

V<sub>i</sub>: volumen de almacenamiento del mes “i” (m<sup>3</sup>)

A<sub>ai</sub>: oferta acumulada al mes “i” (m<sup>3</sup>)

D<sub>ai</sub>: demanda acumulada al mes “i” (m<sup>3</sup>)

Los parámetros básicos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del diseño fueron los siguientes, según la metodología mencionada en el marco teórico:

- Número de personas en la institución educativa (Nu)= Aunque en la institución hay 1300 personas, se debe tener en cuenta que durante las épocas de vacaciones este valor disminuye, por lo tanto la demanda varía para los meses de diciembre, enero, junio y julio, en los cuales se tienen en cuenta 520 personas y en octubre y marzo (suponiendo marzo como mes constante de semana santa) se tomarán 997 personas.
- Tipo de material del área de captación: Tejas de arcilla
- Coeficiente de escorrentía (C<sub>e</sub>)= 0.8 (CEPIS) *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and*



*Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003*

- Dotación para alumno externo (Dot)= 40 L/hab/día (Melguizo [23])
- Área de captación (Ac)= 1447 m<sup>2</sup> (área necesaria para abastecer la demanda, la cual es menor al área útil de techos). Las áreas captadas se muestran en el plano.

La determinación de la precipitación promedio mensual, la demanda (total y acumulada), la oferta (total y acumulada), el volumen de almacenamiento, el potencial de ahorro de agua potable y la red de distribución con su sistema de bombeo, fueron calculados siguiendo las ecuaciones planteadas en el modelo de cálculos.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido a la buena disponibilidad de aguas lluvias presente en el municipio de Caldas, la adecuada área de captación y el espacio disponible para realizar el proyecto, se presentan a continuación los resultados obtenidos de la precipitación promedio de la zona para los años 1998 a 2008, y los cálculos para cada uno de los componentes del sistema, de acuerdo con la metodología descrita anteriormente.

Los valores de consumo y costo de agua potable para la institución evaluada son los siguientes.



Tabla 3. Valores de consumo y costo de agua potable, de seis meses, en la Institución Educativa María Auxiliadora.

MES	CONSUMO DE AGUA POTABLE (m <sup>3</sup> )	COSTO POR CONSUMO AGUA POTABLE (\$)	COSTO DEL AGUA POR METRO CUBICO (\$)
Junio	457	491.657	1075.84
Julio	418	450.287	1077.24
Agosto	369	398.331	1079.49
Septiembre	490	526.631	1074.76
Octubre	539	578.587	1073.45
Noviembre	462	486.941	1075.63
<b>Promedio</b>	<b>455.8</b>	<b>490.405,7</b>	<b>1075.92</b>

*Tabla 26 Fuente: De acuerdo a facturación EPM Junio-Noviembre 2009*



## ECOTECNIAS.

La información que a continuación se presenta se ha obtenido al realizar el análisis de diferentes Modelos elaborados por diferentes países, así como México, de manuales de sistemas SCALL (Sistema de captación de agua de lluvia), con la finalidad de facilitar el conocimiento adecuado para la fácil elaboración de un sistema SCALL o Ecotecnia. Al realizar este análisis podemos darnos cuenta que las consideraciones de diseño para una Ecotecnia por tratarse de gastos menores no necesita de una implementación afondo de la leyes de la hidráulica.

### **I.IX Modelo I MESANZA**<sup>30</sup>

Modelo Europeo creado en España, dentro de sus características principales es la opción de la entrada suplementaria de un grifo de agua potable para rellenarla en época de estiaje, con un dispositivo de interrupción electrónico, que puede indicar también el nivel de agua de la cisterna.

El agua de lluvia es perfectamente utilizable para uso doméstico e industrial. Es un agua que nos cae del cielo de forma gratuita, y que es conducida sistemáticamente al alcantarillado, y desperdiciada.

¿Por qué no aprovecharla?

Hay países pioneros en Sistemas de captación de agua de lluvia, como Alemania, donde algunos distritos incluso subvencionan estas instalaciones, ya que la oferta de agua no crece al ritmo de las aglomeraciones urbanas. Los Berlineses consumen 400 millones de metros cúbicos de agua, una vez y media más agua de la que cae por precipitaciones.

Las consecuencias ecológicas de estos consumos desmesurados ya son notables en muchos sitios. La exagerada extracción de agua, es un tema de preocupación constante en toda España, ya que la salinización de los pozos de la zona mediterránea es bien conocida, y de difícil solución. Capitales tan importantes como Barcelona, están sufriendo una alta salinización del agua de consumo. Prácticamente en todos los países se están secando

---

<sup>30</sup> Mesnza Alberto. Aprovechamiento del agua de lluvia. ECOHABITAR. 2011 Septiembre;(http://www.ecohabitar.org/apr



fuentes, arroyos y praderas, se mueren bosques y las casas se agrietan, como consecuencia de la drástica disminución de agua en las capas freáticas.

Si a esto añadimos que ya la mitad de los gastos para la canalización de aguas residuales se derivan de la canalización del agua de lluvia. Debido a la enorme edificación de las ciudades: casas, fábricas, calles, etc., después de cada tormenta fluye un inmenso aluvión de agua hacia las depuradoras. En consecuencia hay que gastar millones para grandes alcantarillados o pozos de retención.

En este punto cabe destacar que las cisternas particulares podrían aliviar de manera importante las depuradoras.

Debemos reconocer que para muchos usos caseros no se necesita la calidad de agua potable, por ejemplo en el váter, gastamos alrededor 40 litros de agua potable a diario, consumo fácilmente reemplazable por agua de lluvia, al igual que la limpieza general de la casa y el funcionamiento de lavadoras y lavavajillas. No sólo dejamos de malgastar agua potable, sino que, al ser el agua de lluvia mucho más blanda que la del grifo, estamos ahorrando hasta un 50% de detergente. Según cálculos del ministerio del medio ambiente en Hessen (Alemania), se pueden sustituir, en un hogar medio, 50.000 litros anuales de agua potable, por agua de lluvia.

Para poder conseguir una buena captación de agua se deben considerar algunas reglas básicas. La premisa será: “Cuanto más simple y menos mantenimiento, mejor”-

Y se debe evitar especialmente:

La suciedad

La luz

El calor excesivo

Estos factores pueden convertir el agua almacenada en un caldo maloliente.

La condición previa para que una instalación funcione bien, es una buena planificación, y la selección cuidadosa de los diferentes elementos constructivos. Un punto importante que deben tener en cuenta propietarios y arquitectos, es decidir de dónde se recogerá el agua de la lluvia:



Techos verdes y superficies de patios no son idóneos, porque conllevan demasiada biomasa.

Techos de tela asfáltica tiñen el agua de amarillo.

Techos de fibrocemento (Uralita) desprenden fibras de amianto.

Cualquier otro tipo de cubierta es apto.

Lo siguiente, que se necesita antes de la entrada a la cisterna, es un buen filtro, para que lleguen al depósito la mínima cantidad de materias indeseadas posibles. No es aconsejable la descarga del agua de lluvia al aljibe sin filtros.

Si el agua es captación sin un filtro, es desaconsejable su utilización para las instalaciones de dentro de las casas, en todo caso podrían servir para instalaciones simples en jardines.

Las instalaciones para el aprovechamiento del agua de lluvia tienen que estar aseguradas contra reflujos, gases de la alcantarilla y animales, por ejemplo contra ratas, a quienes les gusta moverse por el agua de las cisternas.

Si se instala un sistema de captación de agua pluvial en una casa ya construida, se aconseja utilizar depósitos de polietileno en el sótano. Los más convenientes son de formas delgadas y altas, porque el rebosadero tiene que estar encima de la altura del reflujo de la alcantarilla. Un material compatible con el medio ambiente es el polietileno reciclado. No se recomiendan, por razones ecológicas, los depósitos de PVC o los plásticos reforzados con fibra de vidrio.

El depósito, en ningún caso, debería dejar pasar la luz, ya que ésta podría producir crecimiento de algas. Es importante considerar la ubicación del mismo, ya que situarlo cerca de fuentes de calor (calefacción, caldera, etc.) aumentaría considerablemente el riesgo de proliferación de bacterias, de manera descontrolada.

La temperatura de almacenamiento ideal es por debajo de 12°C. Ésta se logra, en la mayoría de los casos, con un depósito exterior enterrado.

Si se comienza una nueva edificación, siempre se recomienda un depósito enterrado, la excavadora ya está en el sitio para los trabajos de excavación y será sencillo adaptar un buen emplazamiento para el depósito de captación.



El corazón de la instalación es la bomba. La menor potencia posible y una óptima calidad, son las premisas para su elección. Las mejores para esta aplicación son las de plástico (polietileno), económicas, y mucho más duraderas en este tipo de agua, que las de acero inoxidable.

Respecto a las tuberías, al no tener que cumplir necesariamente las estrictas normas para agua potable, pueden ser empleadas de plástico, entre ellos el polietileno. El agua de lluvia, al ser blanda, no las agrede. La llave principal se ubicará en el sótano, y conviene indicar en cada toma su procedencia: “aguas pluviales”.

Para mayor seguridad, se recomienda instalar un sistema de desinfección por rayos ultravioleta, antes de la entrada del agua de captación en las instalaciones de la vivienda. Esto evitará la presencia de bacterias, asegurando su potabilidad microbiológica, por lo cual ya no serán necesarias precauciones adicionales en cuanto a su posible consumo.

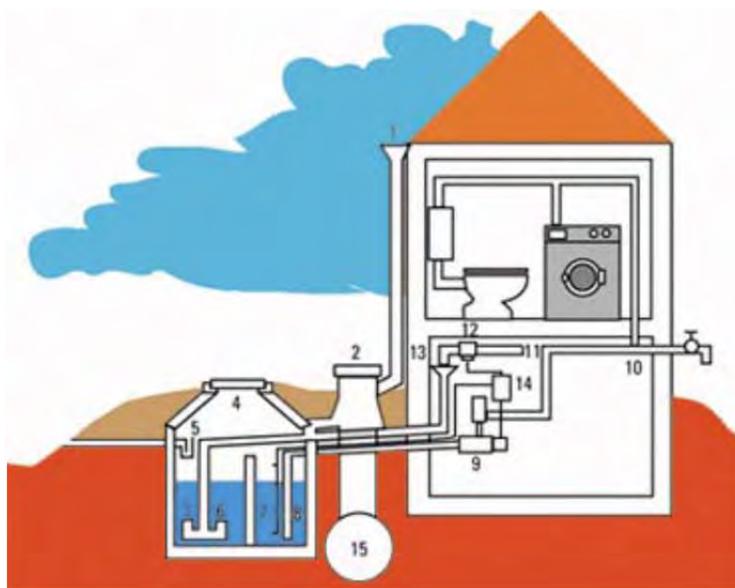


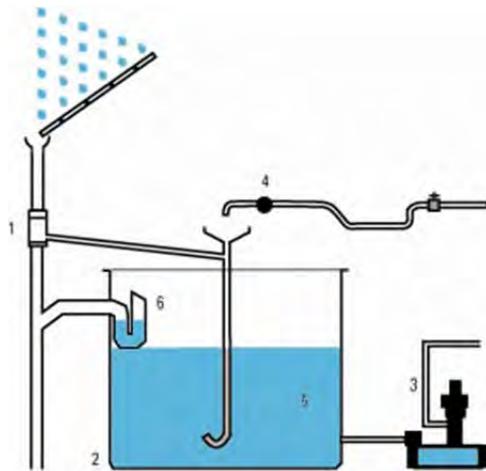
Figura 20. Modelo Mesanza Así se recoge la lluvia: 1. canalón. 2. caja de filtro con filtro de torbellino. 3. entrada. 4. almacén. 5. rebosadero. 6. pared separadora. 7. electrodos. 8. tubo de aspiración. 9. bomba. 10. conductos agua útil. 11. conductos agua potable. 12. válvula magnética. 13. salida libre. 14. aparato de distribución con indicación de nivel de agua. 15. alcantarilla



## Sistema para la recuperación de lluvias

Si tenemos en casa una cisterna para captación de aguas pluviales, el sol continuo durante semanas será motivo de preocupación. Los inodoros dependen del depósito de agua de lluvia, por lo cual necesitaremos del agua allí almacenada. Si alguna vez no llueve suficiente deberemos rellenar la cisterna con agua potable.

En este caso, se deja correr el agua potable libremente de un grifo al depósito. Normalmente esa entrada suplementaria está regulada por flotadores. Avisan si está vacío el depósito, abriendo el grifo de agua potable y apagan la bomba automáticamente, cuando éste se llena. Se recomienda la instalación de un dispositivo de interrupción electrónico, que puede indicar también el nivel de agua de la cisterna.



*Figura 21 Sistema para la recuperación de agua de lluvia. 1-Filtrado 2-Déposito de captación 3-Bombeo 4-Realimentacion del agua potable 5-Interruptor de nivel 6-Sifón de descarga.*

**1- FILTRADO.** Se efectúa antes de que el agua llegue al depósito de captación, de forma que la suciedad no entre en el mismo. (Fig. 18)

**2- DEPÓSITO DE CAPTACIÓN.** Donde se almacena el agua que se escurre del techo ya filtrada. Los depósitos se eligen en función de la vivienda, ya sea construida o de nueva construcción.

**3- BOMBEO.** Imprescindible para la distribución de agua a través de todo el circuito del sistema. Se instala una Electrobomba Centrífuga Multicelular de altas prestaciones y bajo consumo eléctrico; silenciosa y de dimensiones reducidas.



**4- REALIMENTACIÓN DEL AGUA POTABLE.** El sistema prevé el abastecimiento de agua potable a través de una válvula magnética, en épocas de escasez de agua de lluvia.

**5- INTERRUPTOR DE NIVEL.** Acciona la válvula magnética para el relleno del depósito con agua potable, en tiempos de poca lluvia.

**6- SIFÓN DE DESCARGA.** Para evitar derrames en caso de sobrecarga del depósito.



## **I.X Modelo II SCAPT** Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos <sup>31</sup>

Modelo en donde la captación del agua de lluvia es utilizada para fines domésticos y se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. (UNATSABAR 2001).

El sistema consiste en la captación de agua de lluvia en techos que está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento. Ver Figura 24.



*Figura 24. Sistema de captación de agua pluvial en techos SCAPT  
Fuente: Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004.*

a. Captación.- La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc. La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

<sup>31</sup> Organización Panamericana de la Salud. Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. [Online]; 2004 [cited 2011 Junio 12. Available from: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%204%20Lluvia/Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>



Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

b. Recolección y Conducción.- Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo (*Fotografía 6*). El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. Las canaletas se fijan al techo con

a) alambre; b) madera; y c) clavos.

Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas.



*Fotografía 6 Canaletas de recolección*



c. Interceptor.- Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente (Ver figura 25).

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m<sup>2</sup> de techo.

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 o 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

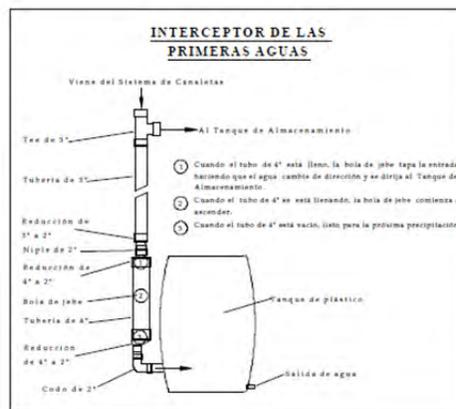


Figura 25. Interceptor de Primeras Aguas

d. Almacenamiento.- Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía (Ver Fotografía 7).

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.



- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.



*Fotografía 7 Tanque de Almacenamiento*

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser contruidos con los materiales siguientes:

- Mortero cemento – arena; el mortero de cemento – arena se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m<sup>3</sup> y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m<sup>3</sup>.

Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 11 m<sup>3</sup>. (UNATSABAR, 2001).

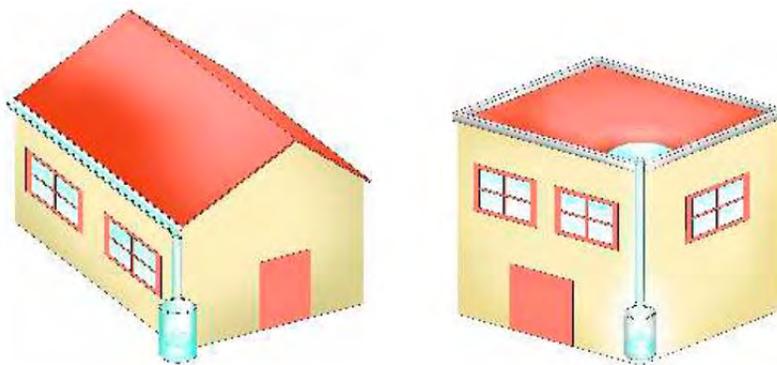


## I.XI Modelo III SMAGEM <sup>32</sup>

Es una propuesta de casas ecológicas construidas con materiales totalmente ecológicos respetuosos del medio ambiente. La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, crean “Guía de Ecotecnias” (2008). Con técnicas y criterios bioclimáticos que deberán imperar para lograr y aprovechar un máximo ahorro energético. Algunos de los puntos básicos para lograr una casa ecológica es la del aprovechamiento de aguas pluviales consistente en el siguiente procedimiento: (Ver Figura 26)

Procedimiento. En caso de que la casa sea de dos o más aguas se cortará por la mitad el PVC de 15 cm de diámetro y se colocará al final de éstas fijándose perfectamente para que por el canal sea transportada el agua de lluvia a los tambos de 200 lt. y/o tinacos que servirán para almacenarla; si no fuera el caso, el tubo se colocará en la salida de agua de la azotea y se llevará igualmente al área de almacenaje.

Poco antes de la temporada de lluvias se procederá a barrer perfectamente y de ser posible lavar la azotea de la casa, una vez realizado este procedimiento se estará en condiciones de captar el agua de lluvia, la cual podrá ser utilizada para lavar carros, lavar trastes, limpiar vidrios, trapear la casa, regar jardines y macetas, entre otros; lo único para lo que está prohibido utilizarse es para beber o preparar comida.



*Figura 26 Modelo IV SMAGEM SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO “Guía de Ecotecnias” (2008)*

<sup>32</sup> Secretaria del Medio Ambiente Gobierno del Estado de Mexico. Guia de ecotecnias. In <http://transparencia.edomex.gob.mx/sma/informacion/publicaciones/ARCHIVO%20A6.pdf>, editor. Ecotecnias. Estado de Mexico: Direccion de Concertacion y Participacion Ciudadana de la Secretaria del medio ambiente; 2008. p. 29.

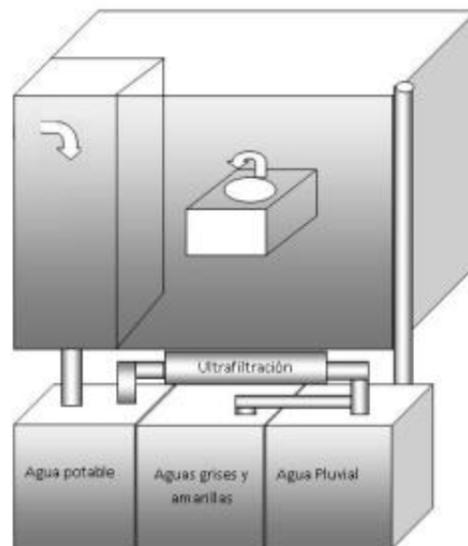


## I.XII Modelo IV ULTRAFILTRACION <sup>33</sup>

Es una propuesta de aprovechamiento del agua pluvial en una casa de interés social, en ella se pretende encontrar una alternativa factible y eficaz para controlar los niveles de agua potable con ayuda del agua pluvial, utilizada en una casa particular o de interés social.

Se escogió un proceso de Ultrafiltración pensando en el gasto económico, energético y de agua, ya que este proceso utiliza un 30% de la energía y aproximadamente 17% del costo de la Osmosis Inversa.

En esta casa se tendría un techo con desnivel para la captación de agua pluvial, esta se llevaría a una cisterna, de donde se llevaría a las membranas de ultrafiltración, donde se purificaría y se colocaría en otra cisterna de agua potable, donde estaría lista para tomarse o ser utilizada en la casa. Después de ser utilizada las aguas negras provenientes del escusado se mandarían directamente al drenaje; las aguas grises y amarillas se llevarían a otra cisterna para posteriormente ser llevadas a las membranas de ultrafiltración y de ahí a la cisterna de agua potable. (Ver figura 27)



*Figura 27 Proceso de ultrafiltración*

<sup>33</sup> Hierro Cascajeres Elisa vcmdjtm. Aprovechamiento del agua pluvial. [Online].; 2011 [cited 2011 Marzo 25. Available from: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2010/biologia/203-%20CUM%20-%20Aprov%20del%20agua%20Pluvial.pdf>.



El agua antiguamente se veía como uno de los bienes inagotables, tanto así que en la mayoría de los lugares era gratuita, pero esto se vio afectado cuando el agua comenzó a ser explotada irracionalmente. El sistema Cutzamala-Lerma, se está consumiendo muy rápidamente y existe el riesgo de quedarnos sin agua. Esto es en el Distrito Federal, pero esto no solo sucede aquí, este problema es de tamaño global.

Una solución a este problema sería tener un sistema de purificación en cada casa, para este sistema hay dos opciones la osmosis inversa que nos costaría 200 pesos mensuales y la ultrafiltración que costaría 34 pesos mensuales pagándola a 10 años, la mejor opción sería la ultrafiltración que costaría 17 por ciento menos y además por la poca cantidad de energía que utiliza se podría implementar la energía solar por 209 mensuales, dándonos así un sistema de purificación solar por tan solo 243 pesos mensuales, esto proporcionaría un sistema de autoconsumo para cada casa, ahorrando agua del sistema Cutzamala-Lerma y el agua que se utiliza para crear energía eléctrica, para así poder disminuir los riesgos de quedarnos sin agua. *(Hierro, Villarreal, Tiburcio, 2010)*



### **I.XIII Modelo V SCLAR Y LEBOREIRO** <sup>34</sup>

En el XXI Congreso de Investigación Aprovechamiento de aguas pluviales (*Sclar y Leboireiro, 2011*) expusieron un método de captación y reciclaje de aguas pluviales el cual consiste llevar a cabo el siguiente proceso:

En primera instancia, la recolección del agua de lluvia comenzará en el techo. Éste tendrá un declive de 5 grados, lo cual permitirá que el agua pase a los canales de lámina galvanizada que se encontrarán en su perímetro. Estos canales a su vez estarán conectados a una tubería en común, cuya entrada será protegida por una malla para evitar el paso de partículas grandes. El agua será canalizada hasta un primer contenedor (1.36 metros de alto por 1.10 metros de ancho y con un volumen de 1000 litros. Los materiales de construcción de este contenedor son resinas de polietileno. El peso del contenedor será de 22 kilogramos) en donde se llevará a cabo el proceso de coagulación-floculación y aireación. Este proceso comenzará una vez que la bomba indique que se ha alcanzado el nivel de agua deseado.

Cuando esto suceda, el alimentador de sustancias químicas suministrará automáticamente sulfato de aluminio en las cantidades necesarias, las cuales son 1.3 gramos por litro de agua, para atrapar las partículas suspendidas en el agua. A su vez, el agitador comenzará a funcionar, llevando a cabo la agitación por espacio de 15 a 20 minutos, primero con un agitado rápido y luego con uno lento. Una vez terminada dicha agitación comenzarán a sedimentar las partículas suspendidas, lo cual tomará otros 20 minutos aproximadamente. Cuando hayan sedimentado las partículas, se abrirá la válvula de paso con mando electrónico por tiempo, permitiendo el paso del agua hacia el contenedor de cloración. Esta válvula se encontrará a unos 20 centímetros arriba del fondo del contenedor para evitar que los lodos formados pasen al contenedor de cloración (mismas dimensiones, capacidad y peso que el contenedor anterior).

Una vez dentro el agua que se está tratando, otro alimentador automático suministrará hipoclorito de sodio en las cantidades adecuadas que son 1 miligramo por litro de agua

---

<sup>34</sup> SCLAR Rendon Karen Igpdl Ref. xxi Congreso de Investigación Aprovechamiento de Aguas Pluviales. [Online].; 2011 [cited 2011 Marzo 23. Available from: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2010/biologia/226-%20ColegAngMexCoyoac-Aprovecham%20de%20aguas%20pluviales%5b1%5d.pdf>



para matar todo tipo de microorganismos que se encuentren en ella. A su vez se activara el agitador para llevar a cabo la agitación por espacio de 20 minutos.

Terminada la cloración, el agua pasará al filtro, el cual estará conformado por camas de arena, grava, carbón activo y arena, en ese orden, las cuales retendrán partículas orgánicas e inorgánicas, olor, color sabores indeseables y lluvia ácida que pueda contener nuestra agua.

Concluida la filtración, el agua caerá por gravedad a la cisterna (3.80 metros de alto por 2.40 metros de ancho y con un volumen de 15 mil litros. Tendrá un peso de 400 kilogramos) que se encontrará por debajo del nivel del suelo (el tipo de cimentación será determinada por el tipo de suelo).

Para suministrar el agua almacenada en la cisterna, se requiere enviarla al tinaco que se encuentra en la parte más alta de la casa, por lo que la cisterna deberá estar equipada con una válvula de llenado y un flotador, para no exceder la capacidad de ésta; una pichancho conectada a la entrada de la bomba mediante una tubería. Para impulsar el agua hacia el tinaco, a la salida de la bomba se colocará una tubería con una válvula de esfera para regular el paso del agua.

Se realizó un modelo a escala en el que se simuló el funcionamiento para recolectar agua de lluvia, a la que se le aplicaron los procesos de purificación antes mencionados.

Para llevar a cabo el proceso de floculación-coagulación colocamos en un vaso de precipitados de un litro, el agua de lluvia recolectada a la cual le agregamos 1.3 gramos de sulfato de aluminio. Colocamos el vaso sobre una parrilla eléctrica con agitador magnético para poder realizar la agitación rápida y lenta, y la aireación. Este proceso tomó aproximadamente 20 minutos.

Después, dejamos el agua reposar por espacio de 20 minutos con una agitación lenta, para dejar que los flóculos formados sedimentaran.

A continuación, decantamos la muestra de agua floculada en otro vaso de precipitados, al cual le añadimos 1 miligramo de hipoclorito de sodio, con el fin de eliminar bacterias y microorganismos que pudiera tener. Se llevó a cabo otra agitación para mezclar perfecta y uniformemente todo el hipoclorito con el agua. Se dejó reposar la mezcla por espacio de 10 minutos.



Una vez concluida la cloración, pasamos el agua por un filtro formado por arena, grava, carbón activado y arena. Dicho filtrado tardó 3 días. Finalmente, pudimos observar el agua filtrada, la cual no presentaba turbiedad, olor ni partículas visibles. Por lo estudiado con anterioridad, llevamos a cabo la prueba de pH para determinar la acidez o basicidad de nuestra agua, utilizando indicadores de pH.

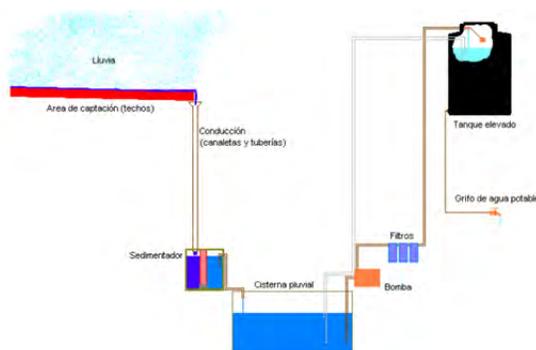
Los Resultados de esta investigación. En la simulación se obtuvieron los siguientes resultados:

- El proceso de floculación-coagulación dio como resultado lodos, los cuales sedimentaron en el fondo del vaso de precipitados, indicando que el sulfato de aluminio, el floculante utilizado, había atrapado las partículas suspendidas en el agua.
- El proceso de cloración fue utilizado para adquirir un agua libre de bacterias y microorganismos, utilizando como base hipoclorito de sodio por sus propiedades altamente bactericidas.
- En el proceso de filtración se atraparon sustancias orgánicas e inorgánicas, olor, sabor y color indeseables e incluso acidez que el agua de lluvia puede presentar debido al contacto con los gases del efecto invernadero, los cuales son óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre.
- El pH que presentó el agua después de llevar a cabo la prueba fue de 6.4 aproximadamente, lo que nos indica que es un agua débilmente ácida, pero no dañina para la salud humana, y por lo tanto es utilizable y aprovechable.
- No utilizamos pruebas de metales pesados, ya que al tratarse de agua de lluvia, y de acuerdo a sus propiedades, ésta no debe de contener dichos metales, pues se trata de un agua blanda. (Sclar y Leboreiro, 2011)

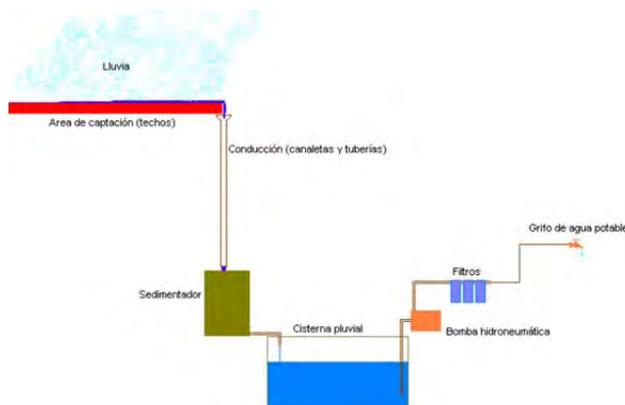


## I.XIV Modelo VI BOJALIL <sup>6</sup>

En este modelo de captación y tratamiento de agua pluvial se pueden diseñar como sistemas enfocados a satisfacer uno o varios usos durante un cierto tiempo, pero el sistema pudiera diseñarse también para satisfacer el 100% de la necesidad de agua en todo el año, cuando el espacio, los recursos y la cantidad de lluvia en una zona lo permitan. Se requiere conocer:



*Figura 28 Sistema de captación con dos contenedores: uno enterrado y otro elevado. Fuente: Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos*



*Figura 29 Sistema de captación con un solo contenedor y bomba hidroneumática. Fuente: Manual de Captación de Aguas de Lluvia para Centros Urbanos*

6 Ilán Adler GCAB. Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. [Online].; 2008 [cited 2011 Julio 26. Available from: [http://irrimexico.org/pdf/manual\\_captacion\\_aguas\\_lluvias\\_centros\\_urbanos.pdf](http://irrimexico.org/pdf/manual_captacion_aguas_lluvias_centros_urbanos.pdf)



## **I.XV Modelo VII AQUA** <sup>35</sup>

Modelo implementado en España, En donde Agua de Lluvia es considerada un recurso alternativo para el suministro de agua en el sector de la edificación. En este país como suele ser habitual, existen inercias normativas, técnicas y de mercado que impiden la implantación de tecnologías innovadoras. Ello los sitúa en la cola de los países europeos en tecnologías de aprovechamiento de aguas pluviales para usos en edificación.

Su objetivo es que Las aguas pluviales captadas, filtradas y almacenadas de forma adecuada, representan una fuente alternativa de agua de buena calidad que permite sustituir el agua potable en determinadas aplicaciones y de esta forma contribuyen en el ahorro de este recurso.

Este modelo facilita informaciones técnicas sobre la gestión y la reutilización de aguas pluviales procedentes de cubiertas y terrazas dirigido a ingenieros, técnicos, arquitectos, instaladores y usuarios de los ámbitos de la administración pública, empresarial y particular.

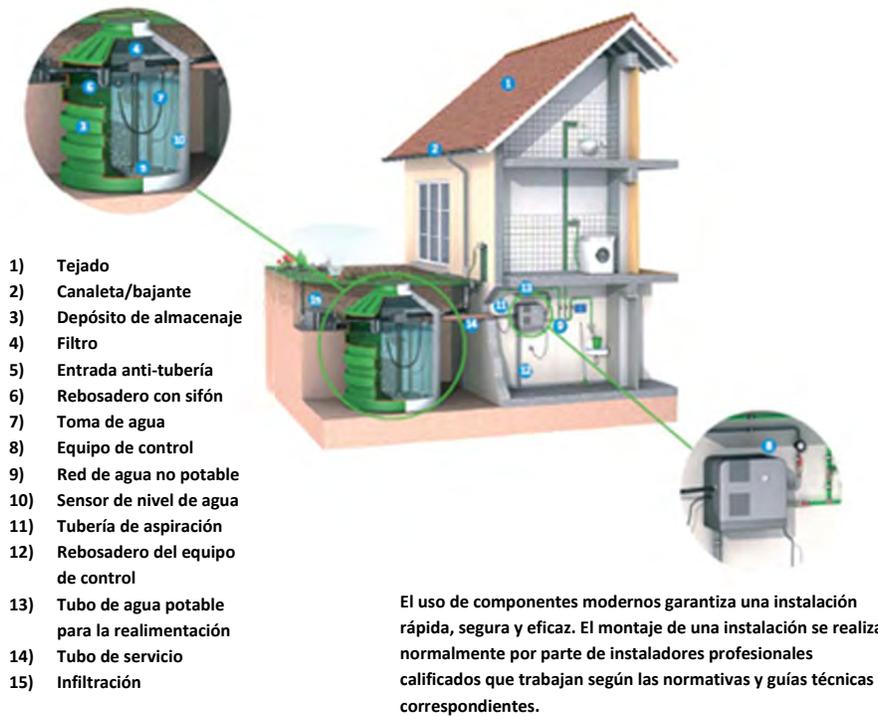
Esta guía facilita informaciones y criterios sobre los componentes, el diseño y dimensionado, la instalación y el uso de los sistemas de reutilización de aguas pluviales para todo tipo de edificaciones y construcciones nuevas y rehabilitaciones de edificios.

Componentes de la instalación para la recuperación de aguas pluviales.

---

<sup>35</sup> AQUA España. Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios. aqua España. 2011;([http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/guia\\_pluvials\\_0.pdf](http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/guia_pluvials_0.pdf)).





*Figura 30 MODELO VIII AQUA. Fuente: Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.*

El uso de componentes modernos garantiza una instalación rápida, segura y eficaz. El montaje de una instalación se realiza normalmente por parte de instaladores profesionales cualificados que trabajan según las normativas y guías técnicas correspondientes.

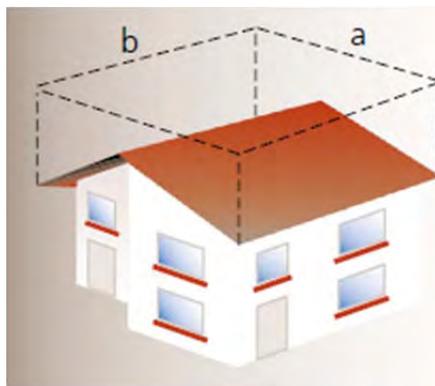


## I.XVI Modelo VIII CONAFOVI <sup>36</sup>

Almacenamiento y reutilización. Cualquier sistema de captación de agua de lluvia requiere los siguientes componentes básicos:

**Captación.** Conformado por el techo de la edificación o áreas aledañas a la misma, los cuales deben contar con la superficie y pendientes adecuadas para facilitar el escurrimiento hacia el sistema de recolección.

En viviendas, el área de captación está limitada por el área del techo y su tamaño se calcula multiplicando la longitud (b) por el ancho (a) del mismo. Figura 31.



*Figura 31. Área de Captación Guía Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*

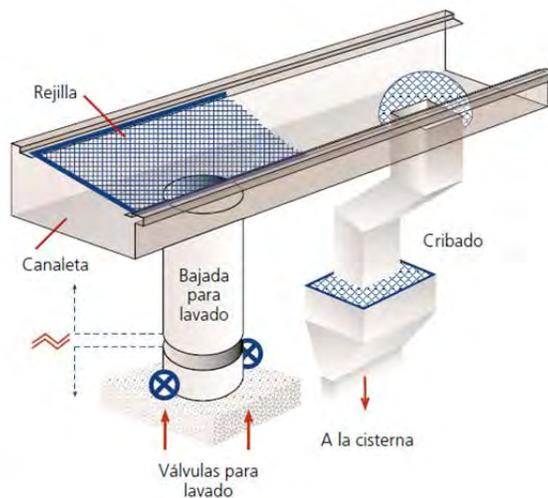
### Armado de canaletas

**Recolección y conducción.** Fig. 32. Lo componen canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo. El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua, fácil de unir entre si y que no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos.

El sistema también debe tener mallas que retengan basura, excremento de aves, hojas, etc. El material más utilizado es el aluminio o el acero galvanizado.

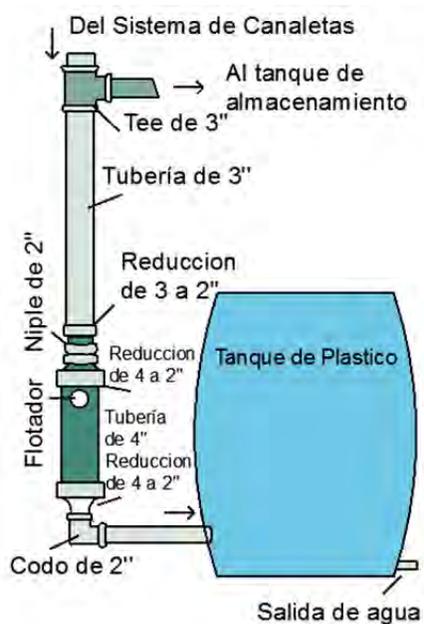
<sup>36</sup> CONAFOVI Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Primera ed. Vivienda CNdFa, editor. MEXICO D.F.: [http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia\\_agua\\_final.pdf](http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia_agua_final.pdf); 2005.





**Figura 32.** Armado de canaletas *Guía Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*

Interceptor. Es un dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo. Impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y su volumen se estima en 1 litro por m<sup>2</sup> de techo o superficie de recolección.



**Figura 33.** Interceptor. *Guía Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales.*



1. Cuando el tubo de 4 “está lleno, el flotador tapa la entrada y el agua cambia de dirección hacia el tanque de almacenamiento.
2. Cuando el tubo de 4 “se está llenando, el flotador asciende con el nivel de agua en el tanque.
3. Cuando el tubo de 4“está vacío, está listo para la próxima precipitación.

Almacenamiento. La unidad de almacenamiento debe de cumplir con las siguientes especificaciones: ser impermeable, de no más de 2 m de altura, con tapa, con escotilla que permita el ingreso de una persona para realizar limpieza, con malla en la entrada y el rebose para evitar la entrada de insectos y animales y con drenaje o sistema de bombeo para vaciado en caso de reparación o mantenimiento.

La información requerida para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es la siguiente:

Datos de precipitación en la zona de por lo menos los últimos diez años.

Tipo de material de la zona de captación.

Número de personas beneficiadas.

Demanda de agua.

El tratamiento del agua almacenada en la cisterna va a depender del uso que se le va a dar, cuando se destine al consumo humano debe filtrarse en arena y después desinfectarse con cloro. Los filtros utilizados comúnmente en albercas son útiles en estos casos, siempre y cuando se les proporcione el mantenimiento adecuado. Hay que asegurar la retención de partículas de 5 micras o más.

Si se utiliza cloro para desinfectar, pueden añadirse al sistema filtros de carbón activado para eliminar el sabor antes de su consumo, pero siempre después de la desinfección para evitar el crecimiento de bacterias en el lecho de los filtros.

Hay que tener cuidado de no almacenar el agua nuevamente después de los filtros de carbón activado, porque el carbón activado elimina el cloro que hay en el agua y entonces ya no hay poder residual que evite el crecimiento de bacterias.

Existen diferentes procesos para desinfectar el agua antes de su consumo: Luz ultravioleta, ozono, cloro, yodo, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio (el más recomendado para uso en cisternas). Los blanqueadores caseros contienen alrededor de un 5% de solución de hipoclorito de sodio y pueden utilizarse en las dosis marcadas



directamente en la etiqueta. Se recomienda que la cisterna cuente con bombas dosificadoras que alimenten el cloro a medida que el agua es utilizada, con la finalidad de obtener una mezcla eficiente que asegure la correcta desinfección de la misma.

La concentración de cloro en el agua puede medirse mediante el uso de los comparadores utilizados para las albercas. Un nivel entre 0.2 mg/l y 1.5 mg/l es el recomendado. Hay que tener cuidado de medir el cloro a la salida de la cisterna y no contaminar el agua con los productos químicos de los comparadores. De cualquier forma, siempre es conveniente hacer un análisis del agua en un laboratorio acreditado para asegurar que cumple con la normatividad vigente de agua potable.

### **I.XVII Modelo IX AGU/ AGUA <sup>37</sup>**

El propósito de este sistema es aprovechar las aguas de lluvia que permita canalizar el agua del tejado y zonas exteriores. Para almacenarla se dispondrá de un depósito adecuado que deberá estar cubierto para evitar el ensuciamiento del agua y el crecimiento de algas.

Además se tiene en cuenta los materiales de construcción del techado y zonas exteriores la captación es debido a que existen algunos tipos de materiales que contaminan el agua.

Es necesario instalar una canalización que conduzca las aguas pluviales captadas en exceso al alcantarillado, de esta manera, en caso de fuertes lluvias se podría evitar la inundación del sistema de almacenamiento.

Las aguas de lluvia pueden ser utilizadas para el llenado de cisternas de inodoros, limpieza externa o de pavimentos, alimentación de la lavadora y para riego de vegetación (evitando el riego por aspersion, ya que genera aerosoles) teniendo en cuenta el tratamiento necesario para conseguir la calidad requerida en cada caso.

Hay que señalar, que se debe actuar con cautela en el uso del agua de lluvia reutilizada garantizando la calidad de ésta y teniendo en cuenta que nunca puede ser utilizada para el baño o la ducha y muchísimo menos para agua de boca, ya que existen riesgos asociados para la salud pública.

---

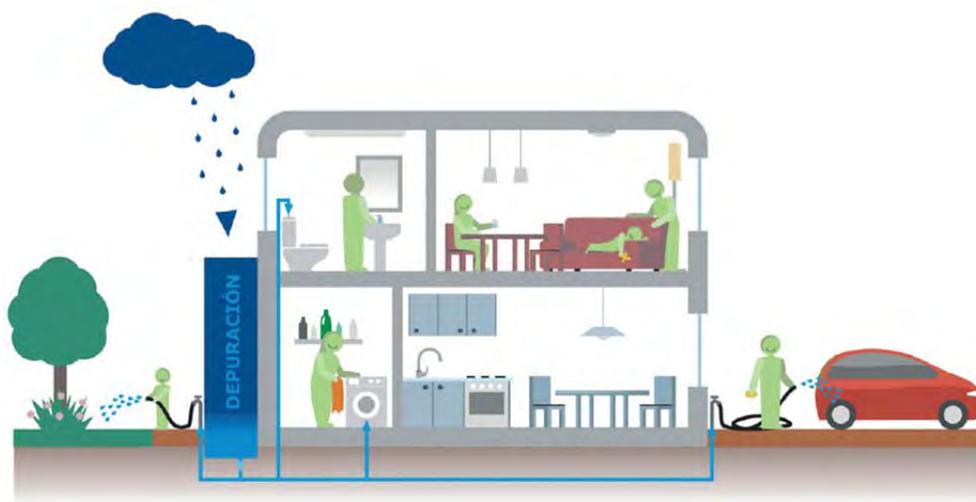
<sup>37</sup> AGU/agua. Guías de sostenibilidad en la edificación residencial. Primera ed. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0551273.pdf> , editor. Valencia : Generalitat Valenciana; 2009.



Además, se debe efectuar un correcto mantenimiento de todos los elementos de la instalación asegurando así el perfecto funcionamiento de ésta y las buenas condiciones del agua almacenada; las salidas de agua deben estar convenientemente señalizadas para avisar a los usuarios de que el agua no es potable y no debe utilizarse para beber, ducharse o bañarse garantizando además la imposibilidad de acceso de los niños a estas salidas de agua. La cantidad de agua acumulada dependerá de las precipitaciones, así pues, es conveniente estudiar la climatología de la zona con el fin de diseñar el almacenamiento y planificar su uso. Si en alguna ocasión no se dispone de agua de lluvia suficiente para mantener los sistemas que la utilizan, se puede rellenar el depósito con agua potable, pero se debe tener en cuenta que la red potable no se puede conectar directamente al depósito por motivos higiénicos.

Así mismo, es aconsejable la identificación del contenido de las tuberías para evitar confusiones.

Señalar también que durante la fase de construcción del edificio es recomendable instalar dispositivos para recoger y almacenar el agua de lluvia. Uno de los métodos más sencillos es colocar tanques en el exterior. El agua de lluvia captación se puede utilizar para varios usos durante la ejecución de la obra en tareas tales como limpieza de exteriores, humectación para controlar las emisiones de polvo, etc., reduciendo el consumo de agua potable.



*Figura 34 MODELO IX AGU/AGUA Fuente. Guías de sostenibilidad en la edificación residencial. Mar Alonso Monterde 2009.*



Las aguas de lluvia pueden ser reutilizadas para varios usos en la vivienda, por ejemplo en el llenado de cisternas de inodoros, limpieza externa, alimentación de la lavadora y riego de vegetación.

## BENEFICIOS

- El agua de lluvia nos suministrará agua limpia, por tanto, nos proveerá de un recurso vital y de este modo conseguiremos aprovechar agua que sería desperdiciada de otro modo.
- La utilización del agua pluvial reducirá de manera considerable el consumo de agua potable en consumos que no la necesitan y consecuentemente se reducirán los costes para el usuario.
- Disminuyendo el uso de agua potable de la red se contribuye a la reducción del uso de productos químicos para su potabilización y al ahorro de energía que se emplea para la distribución.



## **I.XVIII Modelo X DÁVILA <sup>38</sup>**

Mecanismos de filtración y purificación de agua de lluvia. El mecanismo natural para la purificación del agua es la evaporación y condensación previas a la precipitación pluvial y/o el escurrimiento de condensados. El manejo cuidadoso de estos mecanismos en la captación y almacenaje nos permiten tener el agua relativamente limpia, de menor costo y sin consumo de energía.

La filtración y purificación de agua de lluvia se reduce a mecanismos de separación de sólidos en suspensión por densidad: desnatadores sedimentadores construidos en celdas de mampostería con tuberías y conexiones de PVC, sobre todo cuando las áreas de captación son superficies tersas e impermeables que se encuentran en láminas de techo, cubiertas plásticas, de cristal, de polietileno y de lona. Por su ubicación sobre el terreno y sus pendientes, acumulan pequeñas cantidades de sólidos fácilmente eliminables por éstos mecanismos.

Para estos casos se recomienda la instalación, en la parte más alta del inmueble donde desemboca el canalón, de un tinaco o cisterna que permita el almacenaje y consumo de la lluvia por gravedad y sin consumo de energía.

Los mecanismos de separación por densidad para agua de lluvia captada en suelos impermeables o permeables en los que escurre son los trenes de desnatadores sedimentadores de una a varias celdas según la calidad de agua requerida.

La eliminación de carga orgánico micro bacteriano se realiza por medio de procesos naturales biológicos anaerobios, oxidación aeróbica de aeración natural y exposición a la radiación ultravioleta natural. De ser necesario, para garantizar la esterilización del agua, se podrá hacer uso de generadores de ozono y lámparas de rayos ultravioleta utilizando pequeñas cantidades de energía.

Para los escurrimientos en el campo que arrastran suelo y materia orgánica por laderas y cauces, es necesario diseñar mecanismos de captación que rompan la inercia de las aguas broncas y las conduzcan mansamente a separadores por densidad consistentes en desnatadoras sedimentadores de mampostería o de mampostería y accesorios de PVC.

---

<sup>38</sup> Eduardo LG. Guía de agua y construcción sustentable. Primera ed. [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2926:guia-agua-y-construccion-sustentable&catid=1326:desarrollo-sustentable&Itemid=246](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=2926:guia-agua-y-construccion-sustentable&catid=1326:desarrollo-sustentable&Itemid=246), editor. MEXICO D.F: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental AC; 2008.

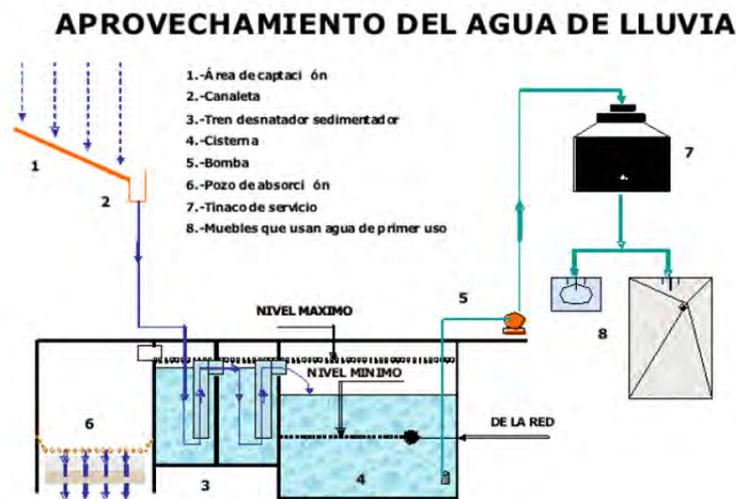


Los cuerpos de almacenaje recibirán agua libre de sólidos en suspensión, con tierra y materia orgánica disuelta que se eliminará de manera natural por sedimentación y por desarrollo de plantas acuáticas como el lirio y el chichicastle, que se nutrirán de los contaminantes del agua y la clarificarán para uso en riego, para dar de beber al ganado, y la desinfección con ozono para cultivos con riego estequiométrico.

Suministro de faltantes y disposición de excedentes.

Durante el estiaje el abasto de agua es a través de la red municipal, alimentada de las extracciones del acuífero y de las importaciones del Lerma y Cutzamala. Las fallas en el suministro sólo pueden ser cubiertas por medio de pipas.

El caudal de la precipitación pluvial para la ciudad de México es superior al consumo, por lo que durante el temporal no tan sólo se logra la autosuficiencia, sino que los excedentes, que son importantes, se deberán infiltrar al subsuelo facilitando la recarga natural del acuífero. Los faltantes durante el temporal serán suministrados por la red municipal.



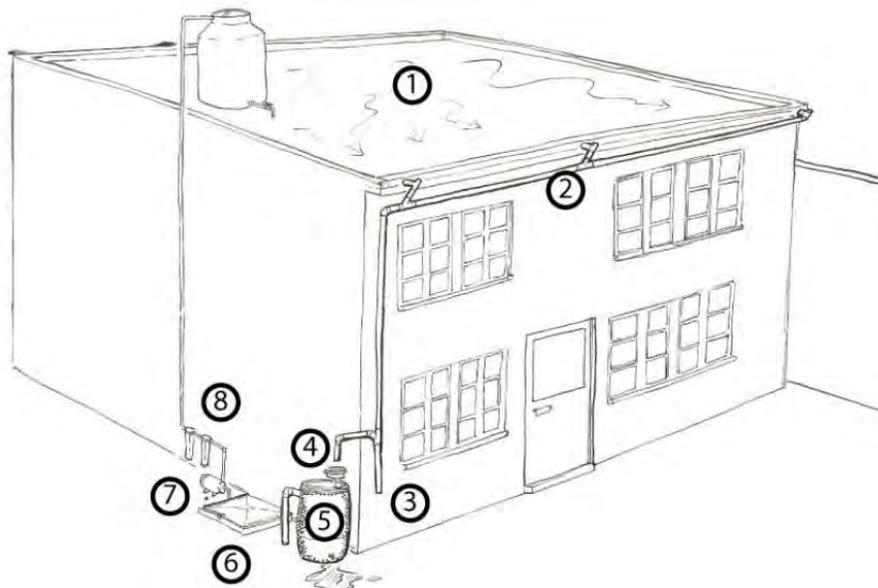
*Figura 35. MODELO XI DÁVILA. Guía "Agua y Construcción Sustentable", Renata Dávila Strozzi Edición 2008.*



## I.XIX Modelo XI (IRRI)<sup>39</sup>

Este sistema está compuesto por los siguientes componentes ilustrados en el dibujo:

- 1) El techo
- 2) Los bajantes o canaletas
- 3) El desvío al drenaje
- 4) El filtro de hojas
- 5) El interceptor de primeras lluvias
- 6) La cisterna
- 7) La bomba
- 8) Los filtros



*Figura 36 MODELO XII (IRRI). El techo es el primer punto donde va a tocar la lluvia, por lo que es muy importante que lo mantengan limpio.*

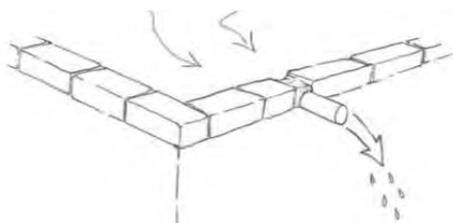
<sup>39</sup> Instituto Internacional de Recursos Renovables A.C. Captación de agua de lluvia. Primera ed. [http://irrimexico.org/pdf/Manual\\_captacion\\_IRRI.pdf](http://irrimexico.org/pdf/Manual_captacion_IRRI.pdf), editor. MEXICO D.F.: ISLA URBANA; 2011.



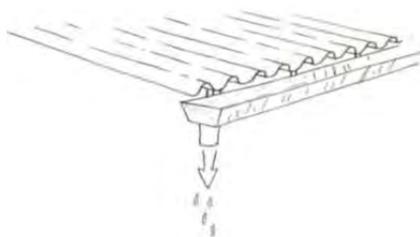
## 1) El Techo

No deben tener perros, plantas, ni usar el techo de bodega. Antes de la temporada de lluvias suban al techo y lávenlo con agua y cloro. Durante las lluvias suban a barrer al menos una vez por semana.

¡Entre más limpio esté el techo, más limpia estará el agua!



El techo puede ser de losa con un hilada de tabiques y disparos



O puede ser de lámina de metal o acrílico con canaleta y bajante

*Figura 37. Materiales de Techumbres*

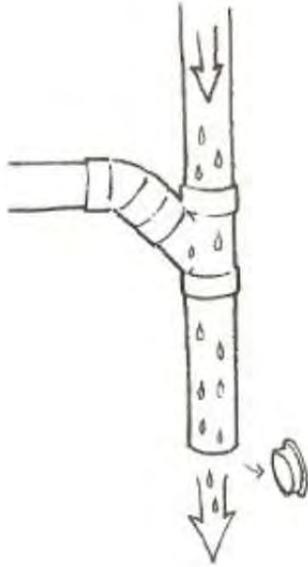
## 2) Bajantes y/o canaletas

Manténganlos limpios y libres de hojas.

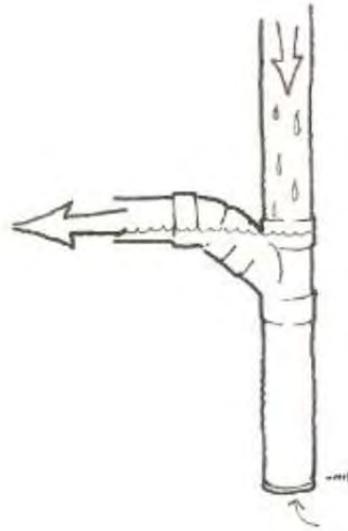
## 3) Desvío al drenaje

El desvío permite elegir si queremos aprovechar el agua o tirarla. Cuando no ha llovido en mucho tiempo se acumulan contaminantes, polvo y tierra en el techo y el aire. Por eso, usamos el desvío para tirar las primeras tres o cuatro lluvias de la temporada. También usamos el desvío para tirar el agua cuando ya esté llena la cisterna o si por alguna razón está sucio el techo.





QUITA EL TAPON SE  
TIRA EL AGUA



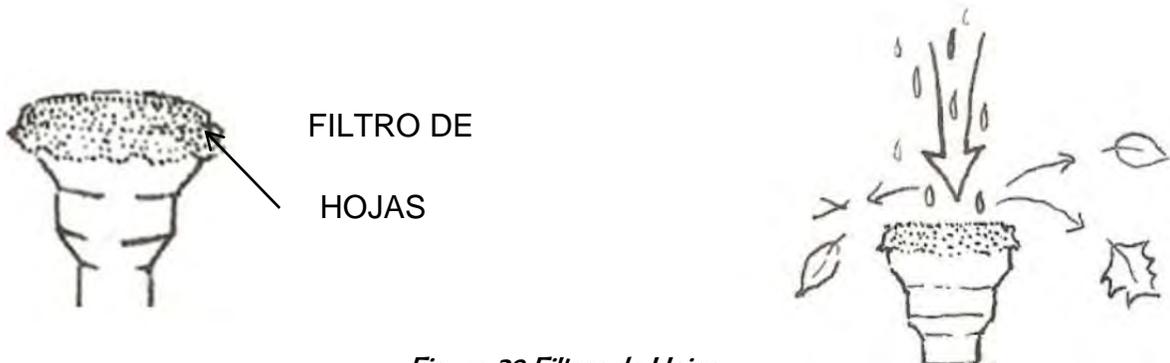
PON EL TAPON SE  
APROVECHA EL AGUA

*Figura 38. Desvío de bajantes*

NOTA: En algunos casos el desvío va al revés, y pones el tapón para tirar el agua.

#### 4) Filtro de hojas

El filtro de hojas es una malla que evita que entren hojas y otras basuritas a la cisterna. Manténganlo limpio y despejado.



*Figura 39 Filtros de Hojas*



## 5) Interceptor de primeras lluvias

El interceptor separa la parte más sucia de cada aguacero para que no entre a la cisterna. Hay que drenarlo por lo menos cada tres días para que haga su función.

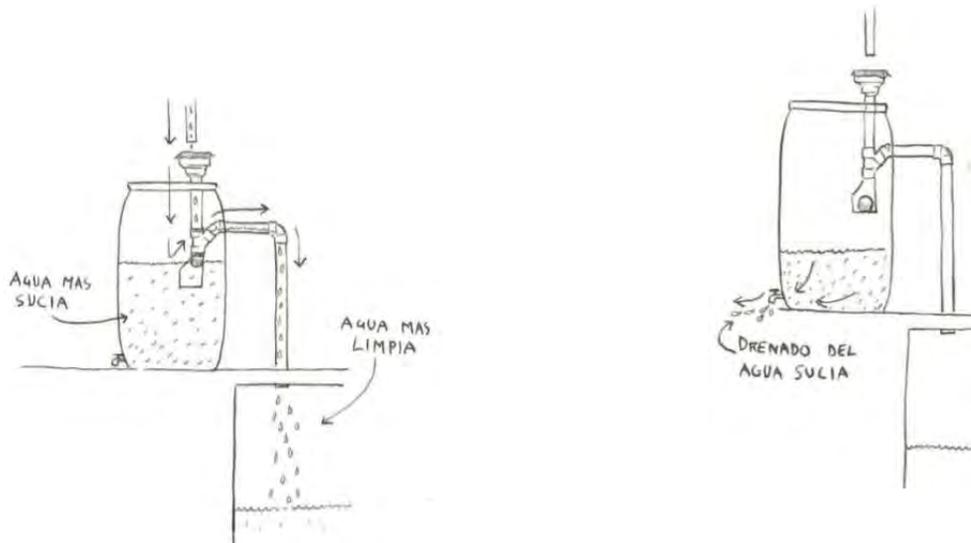


*Figura 40. Interceptor de primeras lluvias*

¿Cómo funciona?

- 1) Cuando empieza a llover, el agua entra al interceptor y lo empieza a llenar. Recuerda que los primeros 10 o 15 minutos del aguacero arrastran la mayoría de la contaminación del aire y polvo del techo.
- 2) Después de llenarse con los primeros 10 o 15 minutos de agua más sucia, flota la pelota interna hasta atrancar el paso del agua.





3) Cuando atranca la pelota, el agua más limpia que sigue cayendo sale del interceptor hacia la cisterna, dejando el agua sucia adentro.

4) El agua sucia del interceptor se drena con la llave. Es buena para baños, plantas y lavado de pisos, pero no la queremos en la cisterna.

*Figura 41. Funcionamiento de Interceptor de primeras lluvias*

El interceptor debe drenarse al menos cada tres días para estar listo para separar los primeros minutos del siguiente aguacero. Si quieres, puedes dejar abierta la llave del drenado para que solito se desagüe cada día. Aprovechar esta agua para usos secundarios.

El interceptor acumula mucha tierra y sedimentos gracias a que los detiene para que no pasen a la cisterna. Por lo tanto se ensucia rápidamente y hay que lavar el interceptor al menos cada mes durante la época de lluvias.

## **6) Cisterna y cloración**

El agua de lluvia la podemos guardar en una cisterna, tinaco o pileta. Puedes compartir la cisterna una entrada de agua de red y de lluvia, llenándose de agua pluvial en época de lluvia, y agua de red en época de secas.

En la cisterna, es importante echar CLORO al agua para que se guarde bien sin echarse a perder y para matar bacterias y otros microbios. Hay dos formas básicas de clorar el agua, una con cloro líquido, y la otra con cloro en pastilla o polvo.



Para tratar con cloro líquido busca una marca de cloro que se puede usar para potabilizar agua, funciona bien una solución de hipoclorito de sodio. La botella dirá en las instrucciones si se puede usar para potabilizar.

Aplica cloro líquido manualmente, agregando más cloro conforme va entrando más agua de lluvia a la cisterna. Busca tener 1 litro de solución de cloro por cada 10,000 litros de agua de lluvia.



*Figura 42. Dosificación de cloro*

Para clorar con cloro en polvo o pastilla busca un cloro seguro para estar en contacto humano. El tricloro isocianúrico se vende en tiendas de equipo para albercas y se puede usar. Pon una pastilla o una cucharita de polvo en una botella plástica con perforaciones y cuélgala de un mecate para que quede flotando en la cisterna. Solito dispensará el cloro al agua. Cuando se acabe la pastilla, agrega otra. Recuerda que los filtros van a quitar cloro, por lo que no es grave que se pase un poquito el cloro en la cisterna. Lo mejor es que el agua huela un poquito a cloro en la cisterna, y no huela nada después del filtro.



*Figura 43. Método de cloración*



## **7) Bomba**

La bomba debe dar suficiente presión para que el agua pase por los filtros. Se recomienda una bomba de 1 caballo de potencia. Recuerda que los filtros siempre reducen presión, esto significa que se tardará más en subir agua a los tinacos de lo que tardaría sin filtros. Esto es normal, pero si la bomba es de suficiente potencia el agua saldrá con buena presión.

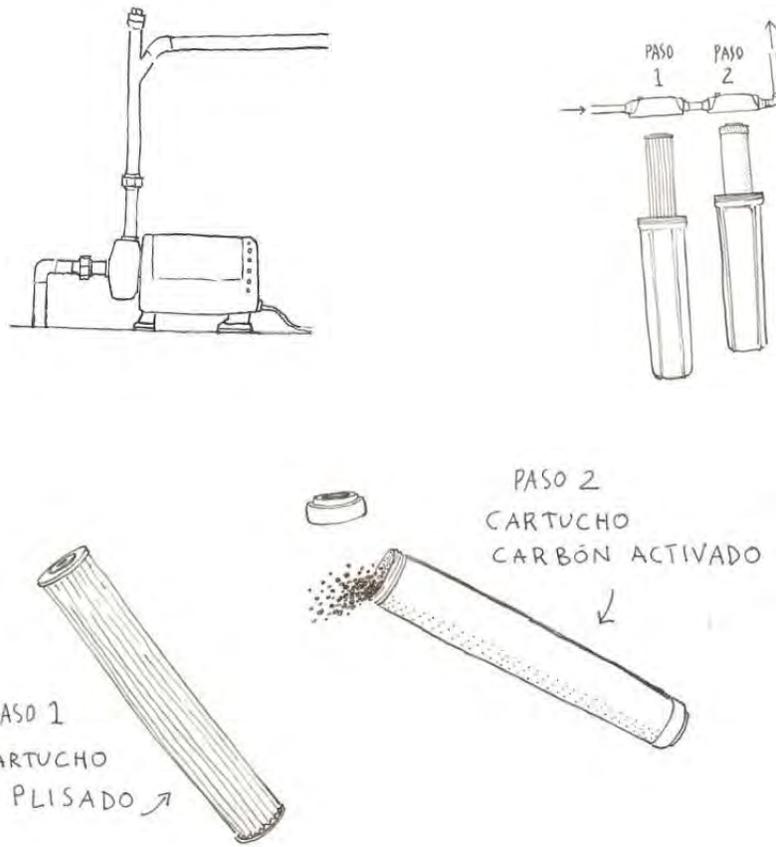
## **8) Filtros**

El sistema usa dos filtros tipo estándar 20", uno con un cartucho de papel plisado y el otro con cartucho de carbón activado. Los cartuchos se deben cambiar cada 6 meses para asegurar buena calidad de agua.

El cartucho de papel plisado (paso 1) detiene sedimentos (polvo y tierra) menores a las 50 micras (la mitad del grosor de un cabello humano). Después de 3 meses, saca el cartucho y limpia entre cada pliegue con un zacatito para alargar su vida.

El cartucho de carbón activado (paso 2) detiene cloro, pesticidas, sedimentos, orgánicos, y varios otros contaminantes. Debe ser cambiado el relleno cada 6 meses al igual que el cartucho plisado.





*Figura 44 Sistema de filtros*

**NOTA:** Puedes poner cartuchos nuevos al iniciar la época de lluvias y después quitarlos en la época de secas. De esta manera solo compras cartuchos una vez al año.



## **CAPITULO II MARCO LEGAL**

### **II.1 Normas y reglamentos**

#### **REFORMA DE LA LEY DE VIVIENDA <sup>40</sup>**

Para poder hacer frente a la demanda creciente y a la reducción en la disponibilidad del agua, esta iniciativa propone que las entidades federativas y municipios cuenten con la atribución de convenir con la federación programas y acciones de suelo y vivienda sustentable.

El agua dulce es un recurso finito, vulnerable, y esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente; de hecho es considerada un factor crítico para el desarrollo de las naciones y quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable, principalmente porque el crecimiento de la demanda, la sobreexplotación y una mayor escasez de agua son elementos que pueden imponer límites al desarrollo.

En nuestro país el volumen óptimo por habitante al día se ubica en 200 litros; no obstante, de acuerdo a datos del reporte Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 2009 de la Comisión Nacional del Agua once por ciento de las 428 ciudades con más de 2500 habitantes reciben menos de esa cantidad; es incuestionable que en algunas regiones de nuestro territorio el volumen demandado es mayor que el suministrado, lo que obliga al gobierno a decidir a quién dejar sin este recurso, ocasionando problemas distributivos.

Según estimaciones de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) se prevé que a causa del crecimiento de la población y de la actividad económica del país, para el año 2030 la situación del agua en México será más crítica; la competencia por este recurso es ya causa de conflictos de diferente intensidad y escala, y se presenta no sólo entre usuarios de la misma comunidad sino entre distintas comunidades, municipios, estados e incluso en el ámbito transfronterizo.

Con base en las tendencias demográficas en México, la demanda de vivienda para el próximo cuarto de siglo requerirá construir 650 mil viviendas por año, en promedio. Específicamente, la Política Nacional de Vivienda prevé el financiamiento de 3.9 millones de viviendas nuevas en el periodo 2007-2012 destinando para ello subsidios por sesenta mil millones de pesos. CONAVI 2008 página 56. Programa Específico para el Desarrollo

---

<sup>40</sup> Ley de Vivienda del Distrito Federal. Gaceta oficial del Distrito Federal <http://www.aldf.gob.mx/archivo-8b52b9eed72d88c1de9ad68bc69576ea.pdf> , editor. Mexico D.F .Gaceta Oficial del Distrito Federal ; 2000.



Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático, Adicionalmente, en nuestro país los acuíferos subterráneos son la fuente de abastecimiento de más de las dos terceras partes del agua urbana que representa el 14 por ciento del agua nacional; no obstante, de acuerdo con especialistas del Centro de Investigaciones para América del Norte, de 653 acuíferos que el país tiene delimitados y reconocidos, alrededor de 104 se encuentran en un estado crítico debido a un mal manejo de extracción.

De conformidad con algunas proyecciones, en algunas regiones la disponibilidad de agua podría alcanzar niveles de escasez, basta mencionar que en 2006 la disponibilidad promedio del líquido por habitante del país fue de 4 mil 416 metros cúbicos, mucho menor a los 18 mil 035 metros cúbicos que se tenían por habitante en 1950.

En consecuencia, el problema de la disponibilidad de agua para consumo humano se agrava; no debemos olvidar que además de la contaminación de las fuentes superficiales y subterráneas, se registran pérdidas en las ciudades (Colima, Sonora, Distrito Federal) *Periódico Reforma. Domingo 7 de marzo de 2010 sección nacional página 10.* Que alcanzan en promedio 40 por ciento del agua suministrada en las redes de distribución.

Es pues innegable que los datos anteriores ilustran la fuerte presión sobre este recurso y la necesidad de implantar medidas eficientes para su conservación; es además importante reconocer que su disponibilidad tiene implicaciones en materia de vivienda y planeación urbana entre otros.

A diferencia de otros países, en México llueve; si bien el volumen de agua que se recibe por precipitación es diferente año con año y cada región registra volúmenes distintos, el Compendio de Estadísticas Ambientales 2009 del SNIARN *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales* informa que el volumen total promedio de agua que se obtiene por precipitación es de 1 billón 488 mil 192 millones de metros cúbicos, pero la mayor parte (70 por ciento) regresa a la atmósfera por evapotranspiración; el 30 por ciento restante constituye la disponibilidad natural media (458 100.13 millones de metros cúbicos), que se calcula de la suma del escurrimiento natural medio superficial y la recarga media de acuíferos.

En conclusión, en México la administración del agua es deficiente y genera pérdidas del precioso líquido. Es pues imperioso beneficiarse de manera racional y sustentable de cada gota de agua, sea pluvial o suministrada.



Es por ello que esta iniciativa busca promover la captación, el control, el uso, reúso y reciclaje del agua pluvial o del agua suministrada en las viviendas, a través de la adaptación de los sistemas y tecnologías de tratamiento actualmente disponibles.

## VIVIENDA SUSTENTABLE

Para poder hacer frente a la demanda creciente y a la reducción en la disponibilidad del agua, esta iniciativa propone que las entidades federativas y municipios cuenten con la atribución de convenir con la federación programas y acciones de suelo y vivienda sustentable, a fin de incorporar elementos arquitectónicos y tecnológicos promotores de la eficiencia energética, del uso eficiente del agua y que adicionalmente minimicen los impactos ambientales.

Asimismo, incluiremos entre los requerimientos mínimos que deben ser materia de coordinación con entidades federativas y municipios para la regulación de las construcciones, el uso eficiente del agua y de la energía, con base en las disposiciones legales en la materia y de acuerdo con los elementos arquitectónicos y tecnológicos disponibles.

El tema de la vivienda sustentable no es nuevo en la política nacional de vivienda; cierto es que la Comisión Nacional de Vivienda ha reorganizado sus políticas basándose en los principios del desarrollo sustentable; Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 sustentabilidad ambiental. No obstante, la Ley de Vivienda aún no ha armonizado estos conceptos indispensables para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras.

En ese sentido, es adecuado recordar que el Programa Nacional de Vivienda 2007-2012, hacia un desarrollo habitacional sustentable, reconoce que nuestro país demanda soluciones para reducir el impacto del crecimiento urbano sobre el medio ambiente y no omite mencionar entre sus objetivos "impulsar un desarrollo habitacional sustentable por medio de acciones específicas de racionalidad en el uso de la energía y el cuidado y reciclamiento del agua".

En cuanto al cuidado y reciclamiento del agua, se aprecia el esfuerzo realizado por Conafovi (2005) para la elaboración de la Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales, con el que se busca contribuir a que los desarrolladores y constructores de vivienda aprovechen al máximo los beneficios que les brinda la



tecnología aplicable al agua, para ser utilizada en la vivienda y en los conjuntos habitacionales al mismo tiempo que se contribuye a un uso más racional de este recurso. Es indiscutible el valor de los elementos arquitectónicos y tecnológicos que este documento propone para la vivienda sustentable.

## DE LOS MUNICIPIOS Y DE LOS ESTADOS

En virtud de que en México los instrumentos que regulan la edificación de la vivienda son los denominados Reglamentos de Construcción y corresponde a los gobiernos locales (estados y municipios) elaborar y aplicar esa normatividad, esta iniciativa verá por que exista regulación a nivel local y que los municipios vigilen el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, que son instrumentos fundamentales para la sinergia entre la sustentabilidad y el desarrollo.

El artículo 115 constitucional en lo relativo a la división territorial básica de los Estados de la Federación, establece que la dotación de servicios, la infraestructura urbana, y algunos equipamientos públicos son responsabilidad del municipio. Los preceptos jurídicos señalados en el 115 de la Carta Magna, otorgan al municipio las facultades para expedir sus planes de desarrollo urbano, participar en la formulación de planes de desarrollo regional, administrar la zonificación y los planes de desarrollo municipal así como sus reservas territoriales, intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana, otorgar permisos y licencias de construcción y expedir los reglamentos y demás disposiciones para la buena administración y funcionamiento de los servicios públicos.

Dado que los proyectos de vivienda sustentable que prevé esta iniciativa se sujetarán en la mayoría de los casos a los reglamentos de las leyes estatales o municipales en materia de desarrollo urbano o a los resolutivos de impacto ambiental que requieren algunos proyectos, esta iniciativa propone que los municipios incluyan en sus reglamentos la aplicación de tecnologías sustentables.

Es preciso comentar que no obstante los esfuerzos de la Comisión Nacional de Vivienda por promover recomendaciones y estrategias para el ahorro y el cuidado del agua, a través de diversas publicaciones entre las que destaca el Código Edificación de Vivienda, o la Guía para el uso eficiente del agua en desarrollo habitacionales los municipios no están obligados a incorporar estas nuevas tecnologías en sus construcciones.



Un factor a ponderar es que la Ley de Vivienda reconoce la sustentabilidad ambiental como un factor para proporcionar calidad en la vivienda e incluso institucionaliza la política de vivienda como una política estratégica de estado para el desarrollo sustentable de la Nación. Es sin duda por ese motivo que el Programa Nacional de Vivienda Sustentable plantea como un objetivo el adecuar la normatividad vigente en materia de vivienda hacia el cuidado del medio ambiente y diseñar lineamientos que permitan definir y calificar a una vivienda como sustentable.

Por su carácter de autoridad local, es recomendable que los municipios tengan la atribución de normar en sus reglamentos el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas y la aplicación de tecnologías a lo largo de todo el proceso de diseño y construcción de conjuntos habitacionales, fraccionamientos y vivienda en general como el paso necesario para que las preocupaciones por lograr el desarrollo sustentable sean una acción manifiesta e institucional.

#### OBSERVANCIA DE LAS NORMAS DE LA VIVIENDA

Se estima que en cada vivienda, el uso de un conjunto relativamente sencillo de dispositivos tecnológicos –medidores, regaderas, inodoros, mezcladoras mono mandó en lavamanos y cocinas, tuberías entre otros– ayuda significativamente al uso eficiente del agua, alcanzando ahorros de más de un 40 por ciento en el consumo, sin reducir el nivel de confort en los usuarios. Las disposiciones técnicas para estos bienes aplicables a la edificación y equipamiento de vivienda quedan establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas.

Actualmente, dado el panorama de escasez anunciado, empresas, universidades y centros de investigación, proponen día a día nuevos diseños constructivos y la aplicación de nuevas tecnologías que brindan nuevas condiciones de sustentabilidad. Dichos avances merecen la creación de nuevas Normas Oficiales Mexicanas, cuyas disposiciones coadyuvarán a mantener nuestra calidad de vida sin los impactos ambientales.

Como ejemplo, podemos mencionar la recientemente publicada Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007. *Diario Oficial de la Federación 18 de agosto de 2009.*

Infiltración artificial de agua a los acuíferos.- Características y especificaciones de las obras y del agua, cuyo propósito es proteger la calidad del agua de los acuíferos y



aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial; adicionalmente, nos referimos al proyecto de Norma Oficial Mexicana de vivienda sustentable del Gobierno del Distrito Federal prevé reducir el consumo de agua y energía en un 60 por ciento.

La viabilidad de ese proyecto de NOM ha sido probada por el Gobierno del Distrito Federal con la construcción de un conjunto habitacional de 546 viviendas en la Delegación Azcapotzalco; ese desarrollo recientemente inaugurado, ha logrado incorporar elementos arquitectónicos y tecnológicos de diseño mexicano, que reducen el consumo de agua y energía por encima del 60 por ciento previsto en el proyecto de NOM. *Desarrollo Aldana II en Azcapotzalco financiado por Invi y casas Geo inaugurado en marzo de 2010.*

Las normas oficiales mexicanas: *Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Artículo 3. Fracc XI.* (NOM) son obligatorias y en teoría llevan una sanción por parte del Estado; la expedición de normas es uno de los pilares ambientales en el mundo y en distintos sectores económicos y fungen como eslabones de coordinación entre las políticas ambientales y las políticas sectoriales.

La observancia de las NOM están sujetas a los sistemas de fiscalización o de verificación y certificación de distintas entidades de gobierno; no obstante, es labor de los municipios y los estados, como autoridades locales y con base en la facultad de otorgar la manifestación de terminación de obra y autorización de ocupación de uso de las viviendas, vigilar la aplicación de estos instrumentos fundamentales para la sinergia entre la sustentabilidad y el desarrollo.

Habitualmente, previo a otorgar la manifestación de terminación de obra y autorización de ocupación de las viviendas, la Dirección de Obras o equivalente dictamina el cumplimiento de la normatividad aplicable a edificación y equipamiento de vivienda, con base en lo dispuesto en la legislación local, los reglamentos, las NOM y otros instrumentos normativos.

En México, la Ley de Vivienda contiene actualmente tres artículos que hacen referencia a las NOM y medidas para el uso eficiente de agua, aplicables en la construcción de nuevas viviendas: el artículo 19, el artículo 81 y el artículo 83; no obstante, actualmente dicha ley no señala las instituciones responsables de vigilar el efectivo cumplimiento de las NOM



aplicables en la construcción de vivienda, lo cual contribuye a que las compañías constructoras omitan su cumplimiento.

Con respecto a esa labor de vigilancia, el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, señala que las delegaciones son responsables de vigilar que las viviendas cumplan lo establecido en su manifestación de construcción:

Artículo 244. Una vez registrada la manifestación de construcción o expedida la licencia de construcción especial, la Delegación y en su caso, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, ejercerá las funciones de vigilancia y verificación que correspondan, de conformidad con lo previsto en la Ley de Procedimiento Administrativo para el Distrito Federal y el Reglamento de Verificación Administrativa para el Distrito Federal.

Por su parte, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal señala que es facultad de la Semarnat, la vigilancia del cumplimiento de las NOM referentes a recursos naturales:

Artículo 32 Bis. A la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, corresponde el despacho de los siguientes asuntos:

I. a IV. ...

V. Vigilar y estimular en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con los recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca; y demás materias competencia de la Secretaría así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes;

El objetivo principal de la Comisión Nacional de Vivienda, Conavi, es el fomento de la coordinación, la promoción y la instrumentación de la política y el programa nacional de vivienda, del Gobierno Federal, de conformidad con la Ley de Vivienda, Ley General de Asentamientos Humanos y demás disposiciones aplicables. Página web de la Comisión Nacional de Vivienda [www.conavi.gob.mx](http://www.conavi.gob.mx). Por lo tanto, la Conavi no está explícitamente obligada a participar en la vigilancia del cumplimiento de las NOM aplicables a vivienda; sin embargo, la Conavi también tiene el objetivo "de buscar garantizar el acceso a una vivienda digna a las familias mexicanas y contribuir al desarrollo económico del país", por lo tanto, debe ser partícipe en lo posible de procurar el cumplimiento de las NOM para impulsar el desarrollo adecuado y sustentable de las viviendas mexicanas.



En suma, las disposiciones actuales de la Ley de Vivienda no son suficientes para garantizar que las construcciones incluirán equipamientos, materiales, tecnologías así como dispositivos y todas aquellas innovaciones que puedan coadyuvar en el ahorro y uso eficiente del agua en las viviendas.

En atención a lo anterior, se propone que la Comisión Nacional de Vivienda en coordinación con las autoridades estatales y municipales promueva y participe a través de sus delegaciones y agencias en el territorio nacional, en la verificación del cumplimiento de las NOM aplicables a edificación y equipamiento de la vivienda, a la producción y distribución de materiales de construcción y para uso eficiente del agua. Confiamos que esta atribución dará consistencia a la labor de verificación que realizan los municipios y favorecerá una mejor observancia de la normatividad a nivel local.

#### 4.1.4 Uso Eficiente del Agua en la Vivienda

A pesar de que el problema de la disponibilidad del agua se agrava y que el modo de cubrir la demanda urbana provoca la sobreexplotación de los acuíferos, el reúso y reciclaje del agua así como la utilización y reutilización y reciclaje de agua de lluvia en la vivienda, es una práctica de excepción porque el desarrollo habitacional de nuestro país ha carecido históricamente de criterios de sustentabilidad, dando paso al crecimiento urbano caótico y la explotación irracional del agua, la energía y los recursos naturales.

En ese sentido, el marco jurídico aplicable a vivienda a través de la Ley de Aguas Nacionales y la Ley de Vivienda han omitido establecer lineamientos específicos para el reúso y reciclaje del agua en la vivienda así como para el aprovechamiento del agua de lluvia; no obstante, otros marcos jurídicos aplicables a nivel local como la Ley de Aguas del DF y la Ley de Desarrollo Urbano del DF sí lo establecen.

Uno de los pendientes de la política de vivienda expresada en el Programa Nacional de Vivienda 2007-2012 es establecer las normas oficiales de la vivienda que garanticen la calidad de la vivienda; la presente iniciativa se atreve a ver más allá al considerar la solicitud de la expedición de la NOM "uso eficiente del agua para la vivienda" Ley sobre Metrología y Normalización. Artículo 44. Que, a pesar de la imperiosa necesidad, no ha sido expedida.

Es evidente que existe preocupación en torno a la falta de normatividad para el uso eficiente del agua para la vivienda: los pronunciamientos más relevantes durante la última sesión del Comité de Sustentabilidad de la Conavi, abordaron sistemáticamente



la sustentabilidad de la vivienda y se insistió en intensificar la reutilización del agua de la vivienda para realmente obtener resultados.

Adicionalmente, El Programa Específico para el Desarrollo Habitacional Sustentable ante el Cambio Climático, publicado por Conavi en 2008 prevé la captación de agua pluvial en techos, con un diseño adecuado, como una medida primordial para el ahorro del agua.

Como se mencionó, en nuestro país ya se ha experimentado con la aplicación de tecnologías que garantizan más del 60 por ciento en el reciclaje y reutilización del agua de uso doméstico. La NOM en materia de uso eficiente del agua para vivienda, tendrá el propósito de marcar límites y requerimientos para la aplicación de todas las medidas de ahorro, de reutilización, de reciclaje, de conservación y de reúso ambiental seguro del agua para consumo doméstico, y de esa manera dar viabilidad a la adaptación de los dispositivos o materiales, de las tecnologías aplicables a la edificación de los sistemas de captación, de control y de aprovechamiento de agua de lluvia , *Sistemas de Infiltración (NOM-015-CONAGUA-2007)* así como la instalación de equipamientos que puedan intensificar la reutilización del agua y que puedan generar ahorros mayores al 50 por ciento en el consumo de agua.

Por ese motivo y con fundamento en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, esta iniciativa propone a través de un artículo transitorio que la Comisión Nacional de Vivienda conjuntamente con Comisión Nacional del Agua remitan a Semarnat la solicitud correspondiente para la expedición de la NOM en materia de uso eficiente de agua para vivienda, que dará sustento al presente proyecto de decreto.

## INCENTIVOS ECONÓMICOS DE CARÁCTER FISCAL <sup>41</sup>

De acuerdo con lo expresado por el Subdirector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento de Conagua, "los incentivos provienen de los recursos fiscales que son de todos los ciudadanos y se deben gastar de la mejor forma posible, y en este sentido poder

---

<sup>41</sup> Rafael P.A. INICIATIVA\_GACETA\_280410.PDF  
[http://www.google.com.mx/search?site=&source=hp&q=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&oq=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&gs\\_l](http://www.google.com.mx/search?site=&source=hp&q=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&oq=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&gs_l), editor. Mexico D.F.: Iniciativa\_gaceta\_280410; 2010.



incrementar la eficiencia de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento".  
*Comunicado 184-08 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México.*

En efecto, es posible un mejor aprovechamiento de los incentivos fiscales: por ejemplo, el Código Fiscal del Distrito Federal prevé para los propietarios de viviendas que instalen y utilicen dispositivos como lo son paneles solares, y sistemas de captación de agua pluvial para la disminución del consumo de energía y/o agua o el reciclaje de esta última, una reducción de hasta el 20 por ciento de los derechos por suministro de agua que se harán efectivas en las Administraciones Tributarias o, en su caso, ante el Sistema de Aguas.  
*Centro de Estudios del Agua del Centro de Investigación Científica de Yucatán, AC.*

Con la presente iniciativa se pretende que los ciudadanos que realicen acciones relacionadas con el consumo de agua potable y colaboren con el uso eficiente del agua, reciban los incentivos que establece la Ley de Aguas Nacionales:

Artículo 14 Bis 5 fracción XVIII. Las personas físicas y morales que hagan uso eficiente y limpio del agua, se harán acreedores a incentivos económicos, incluyendo los de carácter fiscal que establezcan las leyes en la materia.

Asimismo, la Ley Federal de Derechos en su artículo 231-A prevé la posibilidad de que los ingresos que se obtengan por pago de derechos de uso, aprovechamiento o explotación de aguas nacionales para uso de agua potable se asignen a los contribuyentes que así lo soliciten hasta por un monto igual al cubierto por dicho concepto a efecto de realizar acciones de mejoramiento de la eficiencia en la infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales; previéndose también en dicho ordenamiento la facultad de que la Comisión Nacional del Agua a través de su titular de emitir lineamientos para la correcta aplicación del precepto antes citado.

Si bien el reglamento de la Ley de Vivienda no ha sido publicado, será responsabilidad de la Comisión Nacional de Vivienda establecer en su reglamento las directrices para generar incentivos económicos de carácter fiscal a quienes realicen uso eficiente del agua en la vivienda.

En virtud de lo anterior, la presente iniciativa ha previsto como una atribución de la Comisión Nacional de Vivienda la emisión del reglamento de la Ley de Vivienda, tal como se expresa en la fracción XXIV del artículo 19 de este decreto.



En suma, las reformas propuestas en esta iniciativa tienen un fin loable: impulsar el desarrollo habitacional sustentable; la coordinación de la Comisión Nacional de Vivienda con las entidades y municipios para que las construcciones aseguren además de la calidad, seguridad y habitabilidad, el uso eficiente del agua y de la energía; aprovechar las ventajas de captar, controlar y aprovechar el agua de lluvia para uso doméstico en la vivienda y contar con los sistemas tecnológicos necesarios para reciclarla; generar autosuficiencia y brindar un marco jurídico acorde.

Es inaplazable dar certeza a la sustentabilidad en las políticas públicas que definirán el futuro del desarrollo urbano de nuestro país; es igualmente urgente aceptar que la situación es grave y que los nuevos desarrollos habitacionales proyectados para la zona metropolitana del Valle de México (Zumpango, Tecámac, Huehueteca) no cuentan con la factibilidad del servicio de agua, donde la propia Conagua recomienda aplicar captación pluvial, reciclaje y uso eficiente del agua.

Es incuestionable que el siglo XXI ha dado gran cantidad de señales sobre los efectos perversos de la extracción irracional y de la casi nula infiltración del agua al subsuelo: las investigaciones del Centro de Estudios del Agua<sup>13</sup> concluyen que actualmente se registra una extracción promedio de más del doble de la capacidad de recarga natural de agua y que bombeamos agua que entró al subsuelo hace trescientos años.

En atención a lo anteriormente expuesto, los integrantes del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México en esta soberanía, sometemos a la consideración de este honorable pleno la siguiente iniciativa con proyecto de Decreto por el que se reforma la Ley de Vivienda

Artículo Único. Se reforma la fracción XVII del artículo 8; se reforma la fracción III y se adiciona una fracción VII al apartado A. y se adicionan las fracciones VIII, IX y X al apartado B. del artículo 17; se reforma la fracción XV y XXIV del artículo 19 y se adiciona una fracción XXV.; se reforma la fracción I del artículo 23; se reforma la fracción V. del artículo 38; se reforma el artículo 71, y 83; se reforma la fracción IV. Del artículo 87; se reforma el artículo 88 y se adiciona un artículo 97 Bis a la Ley de Vivienda para quedar como sigue:

Artículo 8. ...

I. a XVI. ...

XVII. Los requerimientos mínimos que deban ser materia de coordinación con las entidades y municipios para la regulación de las construcciones para asegurar calidad,



seguridad, habitabilidad, uso eficiente del agua y de energía en la vivienda de acuerdo con las disposiciones legales en la materia.

XVIII. y XIX. ....

Artículo 17. ...

A...

I. y II. ...

III. Convenir programas y acciones de suelo y vivienda sustentable con el gobierno federal, con los gobiernos de otras entidades federativas y con municipios;

IV. a VI. ....

VII. Verificar en el ámbito de su competencia, que se dé cumplimiento a lo dispuesto en esta Ley en materia de calidad y sustentabilidad de la vivienda y a las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes.

B....

I. a VII. ...

VIII. Normar en sus reglamentos la aplicación de tecnologías sustentables para la captación, el control y aprovechamiento del agua pluvial así como el tratamiento y reúso del agua en la vivienda.

IX. Normar en sus reglamentos el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables a la edificación, al equipamiento y al uso eficiente del agua en la vivienda.

X. Establecer y difundir en la población estrategias para el uso eficiente del agua en la vivienda en cumplimiento con la normatividad correspondiente.

Artículo 19. ...

I. a XIV. ...

XV. Promover y participar en la verificación, en coordinación con las demás autoridades estatales y municipales competentes, que la vivienda cumpla con las normas oficiales mexicanas correspondientes, de conformidad a la ley de la materia;

XVI. a. XXIII. ...

XXIV. Expedir el Reglamento de esta ley.

XXV. Las demás que le otorgue la presente ley u otros ordenamientos.

Artículo 38. ...

I. a IV. ...



V. Organizar y promover el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas aplicables a la producción y distribución de materiales de construcción, a la edificación, al equipamiento y al uso eficiente del agua de la vivienda.

VI. a XII. ....

Artículo 71. Con el propósito de ofrecer calidad de vida a sus ocupantes, la comisión promoverá, en coordinación con las autoridades competentes tanto federales como locales, que en el desarrollo de las acciones habitacionales en sus distintas modalidades y en la utilización de recursos y servicios asociados, se considere que las viviendas cuenten con los espacios habitables y de higiene suficientes en función al número de usuarios, con sistemas de control, aprovechamiento, captación pluvial y de reutilización de agua de uso doméstico, sin menoscabo de la provisión de los servicios de agua potable, desalojo de aguas residuales y energía eléctrica que contribuyan a disminuir los vectores de enfermedad, así como garantizar la seguridad estructural y la adecuación al clima con criterios de eficiencia energética, uso eficiente de agua y prevención de desastres, utilizando preferentemente bienes y servicios normalizados.

Artículo 83. La Comisión promoverá y participará en coordinación con las autoridades estatales y municipales competentes, en la verificación de todas las viviendas nuevas o en proceso de reforma, para que cumplan con sistemas de control, aprovechamiento, captación de aguas pluviales y de reúso de agua de uso doméstico; además verificará que las viviendas empleen materiales y productos que contribuyan a evitar efluentes y emisiones que deterioren el medio ambiente, que propicien el ahorro de energía, el uso eficiente del agua, y favorezcan un ambiente más confortable y saludable dentro de la vivienda, de acuerdo con las características climáticas de la región.

La comisión establecerá en su reglamento las directrices para generar incentivos económicos de carácter fiscal a quienes realicen uso eficiente y limpio del agua de conformidad con las disposiciones legales aplicables.

Artículo 88. La Comisión en coordinación con los organismos de vivienda y con las entidades federales, estatales y municipales fomentará en los programas y proyectos de producción social de vivienda la inclusión de acciones de uso eficiente del agua, de actividades productivas y generadoras de ingreso orientadas al fortalecimiento económica de la población participante en ellos, de conformidad con lo establecido en las disposiciones y normas oficiales aplicables.



Artículo 97 Bis. Los servidores públicos en el ámbito de sus respectivas competencias, ejercerán las facultades y atribuciones previstas en la presente ley; su incumplimiento será sancionado conforme a lo dispuesto por el Título Cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servicios Públicos o en su caso por el Código Penal Federal.

#### Transitorios

Primero. Este decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Segundo. La Comisión Nacional de Vivienda conjuntamente con la Comisión Nacional del Agua en un plazo no mayor a quince días contados a partir del día siguiente a la publicación del presente decreto remitirá la solicitud de expedición de la Norma Oficial Mexicana en materia de uso eficiente del agua para vivienda a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, quien en un plazo no mayor a un año posterior a la recepción de la solicitud, deberá expedir la Norma Oficial Mexicana correspondiente, a que se refiere este decreto.

Tercero. Para que la Comisión Nacional de Vivienda dé cumplimiento a los estímulos fiscales y económicos a que se refiere el artículo 83 de la Ley de Vivienda de este decreto, se incluirán las estimaciones necesarias a partir de la próxima Ley de Ingresos de la Federación.

Cuarto. La Comisión Nacional de Vivienda en un plazo no mayor a sesenta días contados a partir de la entrada en vigor del presente decreto, deberá expedir y publicar el reglamento de la Ley de Vivienda a que se refiere la fracción XXIV del artículo 19 de la Ley de Vivienda de este decreto.

Quinto. Se derogan todas las disposiciones que contravengan al presente decreto.



Con la participan de la iniciativa privada (constructoras o desarrolladoras de vivienda) en los proyectos, se identifica la necesidad de la hipoteca verde para financiar la tecnología, el diseño bioclimático, la innovación tecnológica, etc. de la vivienda de interés social, sector que ha crecido en los últimos 6 años en 3 millones y se pretende crecer con 6 millones de vivienda al 2012.

Ello implica requerimientos de agua potable, electricidad, gas, etc. con el consecuente impacto ambiental que implica el uso de los recursos naturales, la iniciativa de la Hipoteca Verde permitirá mitigar dichos impacto y caminar a la vivienda sustentable.

Como la hipoteca tiene su base en recursos económicos, en una primera etapa se consideran solamente las condiciones de diseño y tecnologías para que permitan el ahorro de agua y de energía (gas y electricidad), siempre y cuando pueda ser cuantificado el beneficio en dinero ahorrado mensualmente por las mismas, esto es que se refleje en dinero no gastado por el usuario o habitante de la vivienda en los servicio, el ahorro será un aumento en el monto de crédito que será otorgado por la institución financiadora.

Además de cuantificar los beneficios ambientales como la conservación de los recursos naturales y el CO2 no emitido o evitado, que permita definir el nivel de sustentabilidad de las nuevas viviendas.

El aumento de crédito será el que pague las tecnologías y diseño que permita el camino a la sustentabilidad de la vivienda de interés social.

Las tecnologías para la primera etapa según se benefició de preservación de recursos naturales son:

### Ahorro de gas

- Calentador solar de agua

---

<sup>42</sup> David MG. Instituto de Ingenieria UNAM. [Online].; 2008 [cited 2011 Noviembre 15. Available from: [http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/Vivienda Sustentable Mexico Marillon Galvez UNAM.pdf](http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/Vivienda_Sustentable_Mexico_Marillon_Galvez_UNAM.pdf).

<sup>43</sup> Gobierno de la Republica. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Primera ed. [http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/plan\\_nacional\\_desarrollo\\_2013/PND\\_ok2.pdf](http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/plan_nacional_desarrollo_2013/PND_ok2.pdf) , editor. Mexico D.F.

<sup>44</sup> Investigación y Desarrollo ID. Hipoteca verde, viviendas sustentables hechas realidad. [Online].; 2013 [cited 2013 ENERO 23. Available from: <http://www.invdes.com.mx/suplemento-mobil/2491-hipoteca-verde-viviendas-sustentables-hechas-realidad>.



- Calentador de gas instantáneo

#### Ahorro de electricidad

- Lámparas compactas fluorescentes
- Aislamiento en el techo
- Aire acondicionado eficiente

#### Ahorro de agua

- Sistema dual para el WC
- Regaderas obturadoras
- Llaves ahorradoras de agua

Las tecnologías para la segunda etapa según su beneficio en conservación de los recursos naturales son:

#### Ahorro de electricidad

- Panel fotovoltaico
- Protección solar en las ventanas: Aleros
- Ventilación natural
- Sistemas de descarga de calor
- Orientación

#### Ahorro de agua

- Planta de tratamiento de aguas grises
- Planta tratamiento de agua negras

Se considera, para el análisis y cuantificación de los beneficios, las características indicadas por los fabricantes, conforme a la normatividad vigente, la cual se debe de cumplir, para garantizar la calidad y seguridad de la tecnología, asimismo las tarifas actuales del gas, electricidad y agua en cada lugar y región.

Como herramientas para la hipoteca verde se tendrá dos catálogos sobre las tecnologías y sus beneficios para cada región y relacionada por ciudad, además de los formatos para poder cuantificar, los ahorros en dinero, agua, gas y electricidad, además del CO2 evitado en cada vivienda por el uso de dichas tecnologías que se mitigarían.



## CRITERIOS E INDICADORES PARA DESARROLLOS HABITACIONALES SUSTENTABLES

Los criterios e indicadores<sup>45</sup> que se emiten para calificar si un proyecto o desarrollo habitacional es sustentable, tiene el atractivo que el gobierno entrega los subsidios al a la vivienda de interés social si se cumple con las especificaciones mínimas indicadas.

El puntaje y los criterios e indicadores considerados se presentan en la tabla 26, y los valores mínimos para iniciar en el programa por tipo de vivienda se presentan en la tabla 27.

Con los criterios e indicadores para la vivienda sustentable de la CONAVI, el cumplimiento de los mismos permitirá otorgar subsidios por parte del gobierno Federal.

### DUIS (Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables)

La Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) suma esfuerzos a través del Grupo de Promoción y Evaluación de Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS) para promover la integralidad y sustentabilidad de los nuevos desarrollos urbanos, como área de desarrollo integralmente planeadas que además de representar una expansión física de la ciudad, contribuyen al ordenamiento territorial de los estados y municipios y promueven un desarrollo urbano más ordenado, justo y sustentable, generando espacios públicos suficientes en beneficio de sus habitantes, además de ser motor del desarrollo regional, donde la vivienda, infraestructura, servicios, equipamientos, comercio, educación, salud, industria, esparcimiento y otros insumos, constituyen el soporte para el desarrollo de proyectos económicos estratégicos generadores de empleo y detonadores de la economía de una región, considerando las prioridades y estrategias nacionales y regionales

Los beneficios son:

- Incorporar a desarrolladores inmobiliarios, estados, municipios, propietarios de tierra, inversionistas e intermediarios, financieros en proyectos urbanos con vivienda sustentable.
- Mayor y mejor vivienda para la población desatendida.
- Infraestructura urbana eficiente y sustentable.
- Industria y empleo.

---

<sup>45</sup> CONAFOVI Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Primera ed. Vivienda CNdFa, editor. Mexico D.F. [http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia\\_agua\\_final.pdf](http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia_agua_final.pdf); 2005.



- Estrategias integrales de movilidad y accesibilidad (motorizada y no motorizada).

CRITERIO	Regional/ General	Valor	
<b>A. Ubicación, densificación del suelo, verticalidad y servicios</b>			
I. Integralidad y proximidad a la mancha urbana	R	15	
II. Conectividad y movilidad	R	4	
III. Infraestructura	R	3	
IV. Uso del suelo y densidad habitacional	R	8	
	Suma		30
<b>B. Uso eficiente de la energía</b>			
I. Gas	R	2	
II. Energía eléctrica	R	4	
III. Envoltura Térmica	R	4	
IV. Sistemas pasivos	–		
IV.a Diseño Urbano	R	5	
IV.b Diseño Arquitectónico	R	6	
	Suma		21
<b>C. Uso eficiente del agua</b>			
I. Disponibilidad de agua en el conjunto	G	5	
II. Suministro de agua en la vivienda	G	3	
III. Agua residual	G	6	
IV. Agua pluvial	G	5	
V. Servicio post venta	G	1	
	Suma		20
<b>D. Manejo adecuado de residuos sólidos</b>			
I. En el proceso de construcción	–	3	
I.1 Manejo de los residuos de la construcción	G		
II. En la vivienda	G	1	
III. Del conjunto	G	3	
IV. Áreas verdes	G	1	
V. Servicio post venta	G	1	
	Suma		9
	<b>TOTAL</b>		<b>80</b>

Tabla 27. Ponderación de los criterios e indicadores Criterio de Indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables CONAVI .2008



Criterio	Economica	Social	Media	Residencial
Ubicación	20	20	20	20
Densificación del Suelo, verticalidad y servicios				
Uso eficiente de la energía	14	14	19	20
Uso eficiente del agua	8	8	9	9
Manejo adecuado de servicios sólidos	6.5	6.5	7	8.5
TOTAL	48.5	48.5	55	57.5

*Tabla 28. Valores mínimos por tipo de vivienda a cumplir para ser objeto de subsidio federal. Criterio de Indicadores para Desarrollos Habitacionales Sustentables CONAVI .2008*

**Conclusión.** De acuerdo a las tablas anteriores en el inciso c tabla 27 uso eficiente del agua en el inciso IV agua pluvial, toma un valor de 5 se encuentra dentro de los valores máximos, pero no existe la ecotecnia de captación y reciclaje de aguas pluviales aplicada en desarrollos habitacionales con la implementación de la Hipoteca Verde.

Con los criterios e indicadores para la vivienda sustentable de la CONAVI, el cumplimiento de los mismos permitirá bajo valores mínimo (Tabla 27 y 28) la certificación a las viviendas, para determinar que tanto son viviendas sustentables.

Es necesario realizar una parametrización, para poder tener bases para las calificación, además de tener cuantificados los beneficios por dicha calificación, en cada lugar donde se construirá la vivienda.



## 5º FORO MUNDIALE DEL AGUA <sup>46</sup>

En los Foros Mundiales del Agua destacan el rol y la responsabilidad de los gobiernos locales y regionales en la gestión del agua y su saneamiento.

En el 5º Foro Mundial del agua el cual ha sido el último, llevado a cabo en Estambul, Turquía en el 2009. La parte I de las acciones propuestas más destacadas en relación al tema son las siguientes:

El acceso al agua de calidad y al saneamiento es un derecho básico para todos los seres humanos. El agua desempeña un papel esencial para la vida, para la preservación de la salud pública y para la lucha contra la pobreza; más de la mitad de la población vive hoy en ciudades –, están acrecentando la presión sobre los recursos hídricos, sobre las infraestructuras y sobre los sistemas que facilitan abastecimiento de servicios de agua y de saneamiento a nuestros ciudadanos, empresas, industrias e instituciones. Estos cambios mundiales incrementan las dificultades para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en relación al agua y al saneamiento.

Este objetivo concierne directamente a los gobiernos locales.

- El cambio climático impactará sobre todos los aspectos del ciclo del agua, los cuales afectarán a los ciudadanos: se notará más la escasez del agua; aumentarán los fenómenos extremos tales como las inundaciones y las sequías; el nivel del mar, así como las temperaturas; se verán afectadas la renovación de las aguas subterráneas, cambiarán los ciclos de precipitación y los regímenes de los ríos.

Necesitamos definir un nuevo enfoque más coherente para responder a la demanda de agua a nivel local y regional, para favorecer la mitigación y adaptación frente a las transformaciones mundiales. Una gestión más equitativa, eficaz y sostenible de los recursos y servicios hídricos requiere de un enfoque integrado, una acción coordinada y de una responsabilidad compartida entre los diferentes niveles de gobierno.

- El saneamiento tiene que ser integrado en la planificación a nivel local y regional, conjuntamente con otros aspectos como el drenaje pluvial, el abastecimiento en

---

<sup>46</sup> Pacto de Estambul sobre el Agua. 5º Foro Mundial del Agua. [Online].; 2009 [cited 2011 Abril 29. Available from: [http://www.atl.org.mx/images/docs/Pacto\\_Estambul\\_Agua\\_Final.pdf](http://www.atl.org.mx/images/docs/Pacto_Estambul_Agua_Final.pdf).



agua potable, el tratamiento de aguas residuales y de los residuos, promoviendo allí donde sea posible enfoques descentralizados, y apoyándose en campañas de educación y sensibilización para mejorar la higiene doméstica.

- La planificación y los proyectos locales y regionales deben ser más sensibles al problema del agua.
- Las autoridades locales y regionales dispongan de un marco legal, de los recursos financieros, de la capacidad institucional y de las competencias humanas y técnicas necesarias para gestionar el abastecimiento de agua y el saneamiento a nivel local y regional.
- Asociar a las autoridades locales y regionales en los procesos de definición e implementación de estrategias políticas de gestión sostenible del agua a nivel nacional y supranacional para mejorar el acceso al agua y al saneamiento y para prepararse al cambio climático y a las transformaciones globales. Estos desafíos requieren de la realización de nuevos proyectos para anticipar los efectos del cambio climático sobre el agua, el saneamiento, las aguas pluviales y otras infraestructuras urbanas.

Dentro de las metas más importantes del foro surgieron las siguientes:

- Reducir la tasa de pérdida de agua de x% por x año.
- Incrementar el abastecimiento de agua para uso humano en x% por x año.
- Incrementar el abastecimiento de agua per cápita de x litro por día por x año.
- Ahorrar x% del consumo doméstico anual por habitante por x año.
- Alcanzar estándares de calidad de agua reconocidos a nivel internacional en x años.
- Lograr x% de recolección y x% de tratamiento de aguas negras en x años.
- Realizar una inspección de x% de aguas servidas industriales por año.
- Asegurar un monto apropiado de agua para las necesidades de los ecosistemas en x años.



## REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN DEL MUNICIPIO PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO <sup>47</sup>

El reglamento de construcción del Mpio de Pachuca refiere, con respecto a la investigación existen los siguientes señalamientos.

### Obligaciones del Fraccionador

Artículo 81.- El fraccionador estará obligado a costear exclusivamente por su cuenta, todas las obras de urbanización del fraccionamiento, incluyendo los camellones en las vías públicas las de jardinería en los espacios reservados para ese fin.

Artículo 82.- El fraccionador cederá gratuitamente al Municipio, parte de la superficie del fraccionamiento, a fin de que se utilice para mercados, escuelas y demás sitios de uso o servicio público en la siguiente forma:

I. El 15% de la superficie neta en los fraccionamientos residenciales, campestres y populares.

II. El 10% de la superficie neta en los fraccionamientos industriales.

La superficie neta, será la que resulte después de descontar la superficie total del terreno las superficies ocupadas por vías públicas.

Artículo 83.- La localización de los terrenos que deban ser donados al Municipio, se hará por la Dirección de Desarrollo Urbano y Obras Públicas Municipal.

Artículo 84.- El fraccionador hará el pago de los derechos a Municipio, por la expedición

Artículo 85.- Antes de que se inicien las obras, el fraccionador y el Municipio formalizarán la donación a que se refiere el artículo 82 de este ordenamiento, mediante la escritura pública correspondiente y en cual el fraccionador renunciará. A reclamar indemnizaciones por los terrenos cedidos para vías públicas,

Cualquiera que sea la anchura que se les fije. Los gastos de la escritura correrán a cuenta exclusiva del fraccionador.

Artículo 86.- Concluidas las obras de urbanización y puesto en servicio el fraccionamiento, el fraccionador promoverá entre los vecinos la elaboración de un reglamento y la organización de una entidad constituida en junta o patronato, que se haga cargo de la administración y vigilancia de los servicios públicos; en tanto esa organización no asuma sus funciones, el fraccionador tendrá la responsabilidad de aquellos. Esta situación permanecerá hasta en tanto no se haga entrega del fraccionamiento al Municipio.

---

<sup>47</sup> Gobierno Municipal de Pachuca de Soto Hidalgo. Reglamento de Construcciones del Municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo. 2011 Febrero 14.



Cuando se realicen las obras por etapas, el pago se hará proporcionalmente a la inversión correspondiente a cada etapa.

Conclusión en los artículos anteriores, el reglamento no ordena a los fraccionadores a la implementación de ecotecnias para el reciclaje de aguas pluviales, por tanto, sùrgela necesidad de implementar nuevos lineamientos en donde se consideren tecnologías adecuadas para la recolección y reciclaje de aguas de lluvia.



## **CAPITULO III METODO**

### **III.1 Aspectos relevantes de la investigación**

En esta investigación existe la propuesta de la implementación de la ecotecnia de captación y reciclaje del agua pluvial en casas habitación de tipo interés social. En la actualidad dentro de la ciudad de Pachuca, aun no es implementada.

La metodología utilizada para el levantamiento de información de campo fue:

Familias beneficiadas en este proyecto.

Muestra Fraccionamiento “Real de Toledo”

Cálculos de tanque de almacenamiento, determinando la oferta del agua pluvial de la zona, así como la demanda de esta por parte de los habitantes por medio de un simulador.

Para la elaboración del estudio se escogió el desarrollo habitacional denominado “Real de Toledo”, ubicado al sur de la ciudad de Pachuca, Hgo. En Av. Antigua carretera de Ferrocarril Central, cuenta con un total aproximado de 1200 viviendas, de las cuales se tomaron en cuenta únicamente 160 Casas de interés social conocidas como “Navarra”, con las siguientes características, tiene una superficie de terreno de 90 m<sup>2</sup> y una superficie de construcción de 40.25 m<sup>2</sup>, considerándola como el área de oferta de agua pluvial. Estas casas cuentan con los servicios de agua potable, alcantarillado y electricidad, a continuación se muestra la imagen de un tríptico de esta casa tipo.



## Modelo “ Navarra ”



*Figura 45. Planta Arquitectónica Modelo Navarra Caso de Estudio. Cuenta con los siguientes espacios. Sala, Comedor, Cocina, Baño completo, Patio posterior/Servicio 2 estacionamientos y opción de crecimiento.*

### III.II Problemática del lugar

Existe un acelerado crecimiento de la ciudad al sur de la ciudad de Pachuca, con grandes desarrollos habitacionales en donde predomina el tipo de vivienda de interés social. En los últimos años la ciudad sufre desabasto de agua potable, la ciudadanía se queja de fugas de agua, esto debido a la antigüedad de las tuberías en el trayecto a los desarrollos urbanos, existiendo con ello grandes pérdidas. Además que gran parte de la explotación de los pozos de la región es llevada a la ciudad de México, por la cual sufre del vital líquido, aunado a esto la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

### III.III Objetivos – Hipótesis

Objetivo Principal. Elegir un sistema óptimo para la captación y reciclaje de las aguas pluviales que permita aprovechar de manera eficiente y sustentable el recurso hídrico en las casas de Interés Social de la ciudad de Pachuca, Hidalgo.



### Objetivos específicos.

- Estudio y análisis de los diferentes sistemas existentes de aprovechamiento óptimo de agua de lluvia, captación, conducción, filtración, almacenamiento, y bombeo.
- Conocer la factibilidad de captación de agua de lluvia en la ciudad de Pachuca.
- Calcular por medio de un simulador el tamaño óptimo del depósito de almacenaje para la captación de agua de lluvia.
- Calcular la demanda de agua sustituible por agua de lluvia, en las familias beneficiadas

Hipótesis: La implementación de la ecotecnia para la recolección de aguas pluviales y su reutilización darán una mejor sustentabilidad en las casas de interés social de la ciudad de Pachuca Hgo.

### III.IV Variables a medir



- Oferta de agua pluvial para un techo de 40.25 m<sup>2</sup>
- Determinar la demanda de agua pluvial.
- Calcular el volumen del tanque de almacenamiento.

Figura 46. Variables. Oferta, Demanda y Volumen de tanque de almacenamiento.

***Precipitación pluvial.*** Se define como la forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría con la precipitación de un litro de lluvia sobre una superficie plana e impermeable, de 1 m<sup>2</sup>.



Oferta de agua pluvial. Se define como la cantidad promedio mensual de agua pluvial o anual dada en mm por m<sup>2</sup>.

Se obtendrá del promedio de precipitación pluvial (datos de precipitaciones mensuales de 10 años. Fuente: Servicio Nacional Meteorológico. De acuerdo al manual *Especificaciones técnicas captación de agua de lluvia para consumo humano*.

Demanda de agua pluvial. Es la cantidad de agua de lluvia necesaria para una persona o una familia para atender sus necesidades de limpieza de pisos, lavado de pisos riego de jardines. En cada uno de los meses, sus variables a su vez estarán dadas por:

- Número de usuarios que se benefician del sistema. (3.2 personas promedio por familia).
- Número de días del mes analizado (Variable en el año)
- Dotación ( lts / persona .día) (150lts considerados en el estudio)

Volumen del tanque de abastecimiento. Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes. Sus variables en este cálculo son:

- El área de techo de la azotea (40.25 m<sup>2</sup>)
- Coeficiente de escorrentía (en techumbre de concreto es un valor de 0.7)
- Demanda de agua. (150 lts –habitante los datos están determinado por el reglamento de construcción de la localidad.)

#### Participantes

- Población actual del Fraccionamiento denominado Real de Toledo de interés social, zona sur del municipio de Pachuca.
- Empresa Constructora realizadora del conjunto habitacional en estudio
- Servicio Meteorológico Nacional, México

Los participantes, de los cuales se requiere para una mejor investigación, primeramente es la población actual de la zona de estudio, ya que ellos serán los principales beneficiarios; también empresa constructora que determinaran si existe el espacio necesario para la ubicación de los tanques, tanto el de almacenamiento como el de distribución y si la losa de azotea podrá soportar este tinaco. Servicio Meteorológico



Nacional, México lugar donde se obtendrá información de la precipitación pluvial en la localidad a estudio.

### **III.V Criterios de selección** <sup>48</sup>

Muestra

Cálculo del Tamaño de la Muestra. La fórmula para calcular el tamaño de muestra.

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

¿Tamaño del universo? N =300 Viviendas. ¿Error máximo aceptable? P= .05 ¿Porcentaje estimado de la muestra? 50% ¿Nivel deseado de confianza? q=95%. Aplicando la Formula obtenemos un tamaño de muestra de 46 encuestas, a continuación se describen el diseño de ellas así como sus resultados.

Criterios de Inclusión

Para los cuestionarios se tomarán en cuenta una muestra de la población, elegidas al azar, entre hombres y mujeres, aproximadamente en un rango de edad de 18-25, 26-40, 41-60, y más de 60 años, con diferente formación académica (sin estudios, estudios primarios, secundarios y universitarios), capaces de poder responder el cuestionario.

Conocer la precipitación pluvial la cual proporcionará el Servicio Meteorológico Nacional, México.

Otro criterio que se necesita es conocer por parte de la constructora de estas casas la viabilidad para implementar esta ecotecnia, y el estado actual en cuanto abastecimiento agua potable de la zona de estudio, si es continuo en todo tiempo y si esto genera algún problema en su desarrollo de vida.

Para la aplicación de encuestas se requiere de una hora específica en donde estén presentes los beneficiados considerando un horario de 15:00 a 19:00 hrs.

---

<sup>48</sup> Roberto MeCHS. Metodología de la investigación. Primera ed. editor. Estado de Mexico: MC GRAW-HILL; 1997.



Además conocer la aceptación de esta tecnología entre los encuestados.

### Criterios de Exclusión

Respecto a la población para efectuar el cuestionario, no se tomara en cuenta, de la muestra de la población, a los niños y jóvenes, en un rango de edad menor de 17 años, debido a que no proporcionarían la información necesaria para el cuestionario, como percepciones económicas de sus padres, así como el conocer acerca de tecnologías del agua.

### Características relevantes

Algunas características relevantes que se deben de obtener de la población, es conocer si cuentan con las posibilidades económicas para la implementación de esta ecotecnia, así como la necesidad de ella. Además el saber si el abastecimiento de agua potable es continuo durante todo el año. Y si los espacios libres con los que cuenta la casa serán suficientes para la colocación de los tanques de almacenamiento y distribución.



### **III.VI Técnicas**

Las técnicas para poder recopilar la información necesaria de los participantes serán por medio de investigación de los recursos disponibles, como por ejemplo, la información de Servicio Meteorológico Nacional, respecto a la población; sin embargo se tendrán que realizar entrevistas para verificar en qué condiciones se encuentra la población en estudio, el abastecimiento de agua potable, si tiene deficiencias, como se encuentra el servicio, cubre totalmente sus necesidades, etc. Además de verificar que tan dispuesta está la población de incorporar el uso de esta ecotecnia a su vida cotidiana.

Las técnicas a utilizar para obtener la información serán de dos tipos:

Por cuestionarios. Se aplicaran dos cuestionarios

1-Cuestionario a la población en la zona de estudio sobre la problemática

2-Cuestionario a empresas constructoras.

De las fuentes Directas a organismos oficiales se obtendrá:

-Mediciones de la precipitación pluvial (Servicio Meteorológico Nacional)

Formatos de Cuestionarios (Anexos II y III)

**CUESTIONARIO I. BENEFICIARIOS DEL SISTEMA CAPTACIÓN Y RECICLAJE DE AGUA PLUVIAL.** (Anexo II) Consta de 11 preguntas cerradas. Objetivo: Investigar si existe la necesidad de implementar una ecotecnia en casas de interés social, considerando la falta de agua, el número de habitantes, así como su nivel económico de los beneficiarios. En la siguiente tabla se muestran los resultados y conclusiones.



Tabla 28. Resultado del cuestionario a colonos de las viviendas en estudio.

No	Pregunta.	Afirmación	Negación		
1	¿Cuenta con cisterna de agua potable?		100%		
2.	¿Cuenta con cisterna de agua pluvial?		100%		
3.	¿Cuáles son los ingresos mensuales totales de todas las personas que habitan en esta casa?	\$5000- \$8000 10%	\$8000-\$11000 20%	\$11000-\$15,000 18%	mas \$15,000 52%
4..	¿Conoce usted el término sustentabilidad?		100%		
5	¿Número de personas que habitan? 1 o 2 o 3 o 4 o 5.	1 Persona	1 Persona 10%	2 Persona 15%	3 Persona 75%
6	¿Cada cuando falta el agua?	Casi siempre	Algunas veces 100%	Regularmente	
7	¿Cree que el precio del agua es?	Adecuado 100%	Demasiado alto	Demasiado bajo	
8.	¿Qué es lo que más le interesa al instalar un sistema de captación de agua de lluvia?	Ahorro de agua 100%	Que sea su abastecimiento de agua	Interés ecológico U otro	
9.	¿Conoce alguna tecnología aplicable a la reutilización de agua de lluvia?		100%		
10.	¿Sabe usted cuales usos podría realizar en su hogar con agua no potable	80%	20%		
11.	¿En caso afirmativo, marque las siguientes actividades que se pueden realizar con agua de lluvia?	Riego jardín y Lavado automóvil 80%	Limpieza de pisos 100% 80%	Recarga inodoro y Lavado de ropa. 80%	

Conclusiones. Tabla 29.



Las respuestas 1 y 2 a cerca de la existencia de cisterna tanto potable como pluvial, el propósito de la pregunta es saber si existen dichas cisternas y la ubicación física, para determinar la ubicación de la propuesta en estudio. La respuesta fue que no existe ninguna de ellas, se observa un fraccionamiento de nueva creación, razón por la cual aún no cuentan con la cisterna de agua potable aun.

Respuesta 3. El 52% de las personas que habitan en este fraccionamiento tienen ingresos mayores a \$15,000, estos resultados indican la posibilidad de construir esta tecnología en sus casas.

Respuesta 4. Existe un total desconocimiento del término sustentabilidad, no existe conciencia ambiental por resolver la problemática del agua en nuestra ciudad, se necesita una concientización sobre la cultura del ahorro del agua potable.

Respuesta 5. Se determina un promedio de 3.2 habitantes por vivienda, este resultado fue necesario para aplicar una de las variables de cálculo en la fórmula para determinar la demanda de agua de lluvia.

Respuesta 6. El 100% de los encuestados coincide en que algunas veces falta el agua potable en sus casas, esto da pauta para la concientización de las personas, por una parte la racionalización de este hídrico y por otra la aceptación por esta tecnología.

Respuesta 7. Los colonos están conscientes del bajo precio que se tiene en el agua, esta respuesta la considero no favorable debido a que los colonos no tendrían el interés de invertir en esta ecotecnia con el afán del ahorro de agua potable.

Respuesta 8. La mayoría piensa en el ahorro del agua, en la implementación de esta tecnología, no hay interés ambiental por conservar el agua.

Respuesta 9. Es negativa por completo a cerca del conocimiento de las tecnologías aplicadas en su casa habitación, por lo cual es necesario la concientización de los habitantes a cerca de estas.

Respuesta 10 y 11. El 80% sabe en donde podría aplicar el agua pluvial en los diferentes usos, en su casa, esto indica que si tienen la idea para lo cual se podría implementar esta tecnología.



**CUESTIONARIO II. EMPRESA CONSTRUCTORA EN CASAS DE INTERES SOCIAL.**  
 (Anexo III) Consta de 8 preguntas cerradas. Objetivo: Investigar si las casas de interés social cumplen con los requerimientos necesarios para instalar una cisterna o tanques de almacenamiento en el terreno, el tanque de distribución en la azotea, así como el equipo de bombeo. A continuación se muestran resultados y conclusiones.

*Tabla 30 Resultado del cuestionario la Constructora que realizo el desarrollo habitacional en estudio.*

1	¿Qué tipo de terreno tiene en donde se desplantaron las casas tipo "Navarra"?	Tipo I	Tipo II	Tipo III <b>X</b>
2	¿Qué tipo de losa de azotea se utilizó en las casas tipo "Navarra"?	o Losa Maciza <b>X</b>	o Losa Vigueta y bovedilla	o Losa acero
3	¿La losa de azotea cuenta con la resistencia necesaria para colocar otro tinaco con capacidad de 1100 lts?	Si <b>X</b>	No	
4..	¿Considera que el terreno tiene la capacidad para soportar el peso de 2 cisternas una para aguas potable con cap. de 15000 lts y otra para aguas pluviales con cap. de 15000 lts?	Si <b>X</b>	No	
5.	De acuerdo a su diseño de instalación sanitaria ¿Cuál es la ubicación de salida de la bajada de aguas pluviales?	Al drenaje sanitario	Al patio posterior	Al jardín <b>X</b>
6.	Con la experiencia como Desarrollador Habitacional ¿Considera la implementación de una ecotecnia para la captación y reciclaje de aguas pluviales?	Si <b>X</b>	No	
7.	En el proceso de construcción ¿Observaron falta de agua en el fraccionamiento?	Si <b>X</b>	No	
8.	¿Cuál es la pendiente con que cuentan las losa de azotea en las casa tipo Navarra?	2%	3% al 5% <b>X</b>	. Más del 5%



Conclusiones. Tabla 29.

*Respuesta 1.* Considerando la resistencia de terreno tipo 3, el presupuesto para determinar el costo beneficio aumentaría en el procedimiento de excavación para enterrar el tanque cisterna,

*Respuesta 2 y 3.* Saber que el tipo de losa es de concreto armado y conocer que de acuerdo a sus cálculos estructurales de la losa es posible colocar el tanque de distribución en la azotea.

*Respuesta 4.* Con la respuesta positiva de la pregunta 3 y 4, existe la factibilidad de colocar 2 cisternas una para agua potable y otra para aguas pluviales, pensando en la existencia de ellas.

*Respuesta 5.* El saber que la tubería de desagüe de aguas pluviales drena hacia el jardín en donde se encuentra una área ideal para la colocación del tanque de almacenamiento, la cual reduciría el costo del presupuesto en cuanto a tuberías.

*Respuesta 6.* Existe una aceptación por parte del desarrollador habitacional, considerando que el Infonavit, tiene una conocida como hipoteca verde. En donde el constructor podría tener interés en implementarla en sus próximos proyectos.

*Respuesta 7.* La respuesta del constructor confirma la falta de agua en ciertos periodos, la existencia de la tecnología mitigaría parte de la ausencia de este hídrico.

*Respuesta 8.* El conocer la pendiente de la azotea hacia la bajada de aguas pluviales hace factible, el escurrimiento de estas aguas hacia el tanque de almacenamiento propuesto.

#### Materiales

- Información general referente a características económicas, sociales, del municipio de Pachuca, como precipitación pluvial,
- Información ya elaborada por instituciones (Sistema Nacional de Meteorología.) en forma de registros estadísticos, cartas pluviales. formatos.
- Cámara digital fotográfica marca Sony de 21 mega pixeles.
- Grabaciones de audio con aparato MP3 marca Sony.
- Bibliografía referente a las características que se deben observar respecto a la precipitación pluvial y los cálculos de oferta de agua pluvial.
- Capacidad del tanque de almacenamiento y la demanda de agua requerida por familia.



### c) Procedimiento

Se aplicaron los cuestionarios a la población que habita la zona de estudio, en conjuntos habitacionales con el tipo de casa a estudiar, Real de Toledo. Cuestionario dirigido a personas con cierto rango de edad ya descrito anteriormente en el documento; primero se realizó una breve presentación, y se explicó del porque se requiere de su participación, para que nos va a servir y se le solicito que responda a un breve cuestionario brindándole todo el material que se requiere, en este caso el formato del cuestionario, un lapicero o lápiz, y una tabla donde se pueda recargar para responder. También se encuesto a la empresa constructora, con el propósito de conocer la viabilidad de la implementación de esta tecnología de acuerdo a la construcción de estas viviendas. Respecto a la respuesta de sus percepciones económicas quincenales o mensuales, es relevante aclarar que los datos obtenidos se trataran de manera confidencial y son únicamente para fines estadísticos.

Las encuestas se hicieron en Días laborables, las fechas fueron las 3 primeras semanas del mes de marzo del 2012.

### **III.VII Análisis y presentación de datos**

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo mediante el cálculo de medidas de tendencia central y dispersión, (cuantitativas), así como razones y proporciones (cualitativas).

Posteriormente se realizó un esquema por cada cuestionario con la información de las respuestas que se obtuvieron, cuantificando el número de personas que seleccionaron esa categoría. Y se describió con correlatos los resultados. Finalmente se agregó el resumen de los resultados en tablas.

#### Cualitativo

Los resultados de los cuestionarios se clasificaron por medio de categorías con las opciones de respuesta de cada pregunta.



Cuestionario 1. Cuestionario beneficiario del sistema captación y reciclaje de agua pluvial (Anexo II)

Cuestionario 2. Cuestionario II. Empresas constructoras en casas de interés social (Anexo III)

### Cuantitativo

Los datos cuantitativos más específicos fueron los datos obtenidos de las mediciones de precipitación pluvial, o resultados obtenidos en el Servicio Meteorológico Nacional, con estos datos se calculó la demanda de agua pluvial, cálculo de tanque de almacenamiento, analizando los elementos empleados en ella, para encontrar la mejor opción de tecnología.

### Análisis y presentación de datos.

De acuerdo a la guía de captación del agua de lluvia, se realizaron los siguientes cálculos. UNATSABAR (2001) ya descrita en el tema modelo de cálculos.



Figura 47. Propuesta de diseño para la captación de agua de lluvia Creación propia.



### III.VIII Procedimiento de cálculos del proyecto apoyado de un simulador

Considerando el procedimiento del Modelo de cálculo V. Descrito en el Marco Teórico, y de acuerdo a las siguientes formulas se calculó el abastecimiento de agua pluvial en todo el año. Así como la demanda de agua pluvial en cada mes. Teniendo en cuenta el abastecimiento y la demanda permite calcular las dimensiones más apropiadas para el depósito:

Parte del objetivo de la investigación fue calcular el Abastecimiento Oferta - Demanda de agua de lluvia en m<sup>3</sup>. Así como el cálculo del volumen de tanque de almacenamiento por medio de un simulador de creación propia, el cual consta de 9 columnas. Ver tabla 34. (Nota. En el simulador se considera como tabla 1.)

Para iniciar el procedimiento de cálculo deben introducirse los siguientes datos.

Variables a considerar.

1. Localidad por analizar, en este caso la investigación se desarrolla en la ciudad de Pachuca. Hidalgo.

Localidad
Pachuca

2. Tipo de Superficie de captación varía dependiendo del coeficiente de escorrentía C. Es la relación entre la lluvia escurrida (escorrentía) y la lluvia caída. Mientras mayor sea la escorrentía mayor será C, por lo tanto su valor depende principalmente de las características del tipo de superficie, está dado por la siguiente tabla.



<b>Superficie de captación</b>		<b>C</b>
1	Tejado duro inclinado	0.85
2	Tejado plano con gravilla	0.6
3	Tejado plano sin gravilla	0.8
4	Superficie empedrada	0.65
5	Revestimiento asfáltico	0.85
6	Concreto	0.7
7	Pavimento	0.55
8	Tejado verde	0.4
9	Geo membrana de PVC	0.85
10	Azulejos, teja de barro	0.85
11	Tejas acanaladas (metálicas)	0.8
12	Techos de paja o guano	0.65
13	Suelo con pendientes menores al 10%	0.15
14	Superficies naturales rocosas	0.35

*Tabla 31 Superficies de captación C*

Se utilizó el coeficiente de escorrentía de la opción 7, ya que en este caso la superficie es de concreto  $C = (0.7)$ .

3. El área de captación, es la proyección horizontal de la techumbre. En donde se recolectara la precipitación pluvial, para este estudio será de 40.25 m<sup>2</sup>

**Área**

**40.25**

4. El número de usuarios del sistema será de 4 habitantes por vivienda, de acuerdo al cuestionario realizado en campo (Anexo II).



**Número de usuarios**

**4**

Dotación lts/día-hab. Es la cantidad de agua sustituible por agua de lluvia en los diferentes usos a emplear, se consideraron todos los usos 77 lts/hab-día, como lo muestra la Tabla siguiente. Para determinar el consumo de litros por habitante al día, se realizó la siguiente investigación de acuerdo a tres indicadores. (Ver Anexo I).

<b>AGUA SUSTITUIBLE POR LLUVIA (lts)</b>	
<b>USO</b>	<b>CANTIDAD A UTILIZAR (LITROS)</b>
TANQUE RETRETE	46
LAVADO DE ROPA	17
RIEGO DE JARDIN	11
LIMPIEZA, LAVADO COCHE	3
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

*Tabla 32. Agua sustituible por lluvia*

En algunos casos tomar en cuenta la calidad de lluvia. (Lluvia ácida), [http://www.lareserva.com/home/lluvia\\_acida](http://www.lareserva.com/home/lluvia_acida), no apta para el lavado de ropa.

- Precipitación promedio del mes (i) se considera de acuerdo a la tabla siguiente, tomada del S.M.N (Servicio Meteorológico Nacional). Datos al año, 2011, se hace la observación que es conveniente tener datos de los 10 años anteriores, los cuales en este caso el Servicio Meteorológico Nacional México, No los tiene, por lo tanto se toma únicamente uno. (Tabla 2 del Simulador). Libro 4

<b>Parámetros PACHUCA</b>													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	10	5	13	40	39	51	103	100	55	40	12	10	513

*Tabla 33. Parámetros pluviales Pachuca Hgo*

- El número de días del año es variable por ejemplo Enero tiene 31 días, Febrero 28. Tabla 1 Columna 2 Libro 4



Con los datos de las variables anteriores, el simulador calculara, de acuerdo a las siguientes formulas. (Ver Simulador Tabla 1 libro 4).

Si se contara con la información pluvial de 10 años o más, lo recomendable es aplicar la siguiente formula.

a) Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm).

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n}$$

n: Número de años evaluados.

Pi: Valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm).

Ppi: Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm).

Con los datos obtenidos de la formula anterior, habrá que introducir en las celdas de la tabla 2 de forma manual, los resultados obtenidos en los diferentes meses del año. (Ver Simulador Tabla 2 libro 4).

b) Abastecimiento del mes i, (Oferta de agua de lluvia). Tabla I libro 4 columna 4.

$$A_i = (P_{pi} \times C_e \times S_c) / 1000$$



Siendo:

$A_i$  = abastecimiento del mes  $i$ , en  $m^3$

$P_{pi}$  = precipitación promedio del mes  $i$

$C_e$  = coeficiente de escurrentía 0.7 según tabla de escurrentias

$S_c$  = superficie de captación (en proyección horizontal). 40.25  $m^2$

c) Demanda del mes  $i$ , en  $m^3$ . Tabla I libro 4 columna 6.

$$D_i = (N_u \times N_{di} \times D) / 1000$$

Siendo:

$D_i$  = demanda del mes  $i$ , en  $m^3$ .

$N_u$  = n° de usuarios del sistema

$N_{di}$  = n° de días del mes  $i$

$D$  = dotación en l/hab-día

- Reglamento de Construcciones del Municipio de Pachuca de Soto

Art. 130. Se recomienda una dotación máxima de 150 lts/persona/día.

- Plan Municipal de Desarrollo Urbano, 2011.

Para el 2009, CAASIM tuvo un consumo facturado de agua potable promedio en el municipio de 1, 492,628  $m^3$  al mes, lo cual nos da un consumo diario de 180.42 lts. Por persona al día.

COBERTURA DE DESINFECCIÓN (%)	COBERTURA DE AGUA POTABLE (%)	DOTACIÓN PER CAPITA (l/hab/día)	INGRESO PROMEDIO (\$/m3)	INGRESO VENTA (\$/m3)
100	97	<b>302</b>	5.51	9.56

Tabla 34. Indicadores de Agua (CONAGUA) 2007.

En donde el dato del Reglamento de Construcciones del Municipio de Pachuca de Soto. Es el que se toma en los cálculos, 150 lts/persona/día.

Con base a los datos antes descritos y las fórmulas para determinar el abastecimiento de la oferta de agua pluvial, así como la demanda de agua de lluvia, considerando una



dotación de 75 lts-día-habitante, cantidad que puede ser remplazada por los usos en una casa habitación.

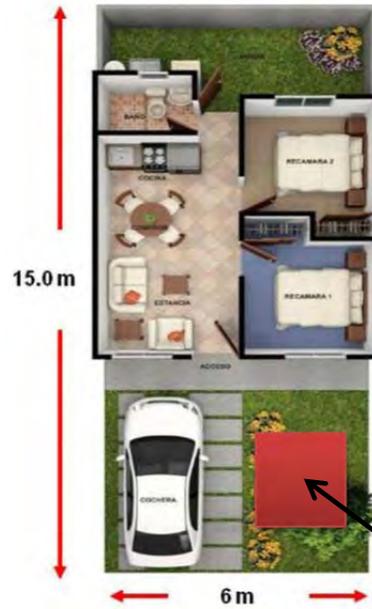
MES	NUMERO	PRECIP.	ABASTECIMIENTO		DEMANDA		DIF.	SIGNO
	DIAS MES	MEDIA mm/m2	OFERTA M3		M3		M3 CAPACIDAD ALMACENAJE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada		
ENE	31	10	0.53	0.53	9.548	9.548	-9.02	-
FEB	28	5	0.26	0.79	8.624	18.172	-8.36	-
MAR	31	13	0.68	1.47	9.548	27.72	-8.87	-
ABR	30	40	2.10	3.57	9.24	36.96	-7.14	-
MAY	31	39	2.05	5.62	9.548	46.508	-7.50	-
JUN	30	51	2.68	8.30	9.24	55.748	-6.56	-
JUL	31	103	5.41	13.70	9.548	65.296	-4.14	-
AGO	30	100	5.25	18.95	9.24	74.536	-3.99	-
SEP	30	55	2.89	21.84	9.24	83.776	-6.35	-
OCT	31	40	2.89	24.73	9.548	93.324	-6.66	-
NOV	30	12	0.63	25.36	9.24	102.564	-8.61	-
DIC	31	10	0.53	25.88	9.548	112.112	-9.02	-

*Tabla 35 Cálculos Abastecimiento, Demanda y Volumen tanque de almacenamiento.*

Tomando en cuenta la segunda propuesta se considera un tanque de almacenamiento con capacidad de 16.24 m<sup>3</sup>, con dimensiones de L= 2.6 m A= 2.6 m H= 2.5m, el lugar de ubicación será en el jardín que está al frente de la casa, como lo muestra la siguiente imagen.



## Modelo “ Navarra ”



UBICACIÓN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

*Figura 48 Ubicación de tinaco en caso de estudio*

Ahorro de agua = 16240 lts / 7200 mes Nov.+7400 mes Dic. Lts- dia Aprox. 2 MES DE AHORRO DE AGUA POTABLE AL AÑO. Tamaño de Cisterna. L =2.60m α=2.60m h= 2.50 m.



## **CAPITULO IV PROPUESTA**

Habiendo hecho un análisis completo de la situación por los medios descritos, se propone la creación de una Guía – Simulador, para resolver la Implementación de una ecotecnia de aprovechamiento de agua pluvial y calcular el volumen de agua de lluvia de acuerdo a la zona de estudio.

Guía- Simulador.

Esta guía proporciona información para:

- Analizar la factibilidad de agua de lluvia.
- Conocer los elementos del sistema.
- Elegir la mejor Ecotecnia a implementar de forma sencilla y económica de acuerdo a las características de cada región.
- Conocer el mantenimiento y control del sistema.

Manejo de Simulador, calculara la Oferta-Demanda de agua pluvial así como el volumen del tanque de almacenamiento, de una forma rápida y confiable, analizando la factibilidad de agua de lluvia, por medio de graficas que presenta el simulador.

Podrá aplicarse en cualquier Localidad y Estado de la República Mexicana, dando resultados precisos para la determinación de la Ecotecnia.

Ver el siguiente **GUÍA - SIMULADOR**



## IV.I Guía - Simuladores y graficas de resultados.

# GUÍA - SIMULADOR CAPTACIÓN Y RECICLAJE DE AGUAS PLUVIALES

Propuesta de la tesis para obtener el grado de Maestría  
Directora de tesis. Dra. Gemma Verduzco Chirino  
Autor. Álvaro Ávila Morales Arq. 2013

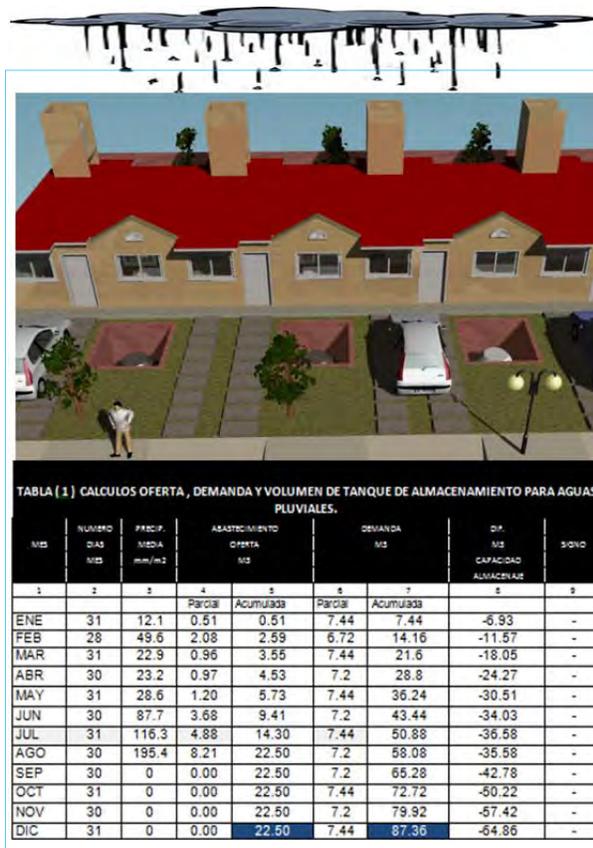


Figura 49 Guía - Simulador

- ¿PORQUÉ CAPTAR LA LLUVIA?
  - APLICACIONES
  - TECHUMBRES DE CAPTACIÓN
  - ELEMENTOS DEL SISTEMA
  - ELECCIÓN DE LA ECOTECNIA (MODELO I AL V)
  - TABLA COMPARATIVA DE LOS DIFERENTES MODELOS DE ACUERDO A LOS ELEMENTOS DE CAPTACIÓN
  - DIMENSIONADO DEL DEPÓSITO
  - MANTENIMIENTO Y CONTROL DEL SISTEMA
  - SIMULADORES CALCULO VOLUMEN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO
  - GLOSARIO
  - REFERENCIAS
- ANEXO I SIMULADORES DE CALCULOS OFERTA, DEMANDA Y VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO



## *¿Por qué captar la lluvia?*

Lograr un acceso sustentable al agua es uno de los principales retos a nivel mundial que los humanos tenemos que solucionar en el siglo XXI. Actualmente más de 1,100 millones de personas en el mundo carecen de acceso a agua potable y varias ciudades y países se están enfrentando con la incapacidad de abastecer de agua a sus poblaciones crecientes (UNICEF, 2010).

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, tradición milenaria que se practica desde hace 5000 años. A lo largo de distintas épocas, culturas en todo el mundo desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial, sin embargo con el progreso de los sistemas de distribución entubada, estas prácticas se fueron abandonando.

Ahora ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro, tanto en las zonas urbanas como rurales, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua. Cada día hay más escases de agua en México. Por lo tanto, es necesario utilizar nuevas tecnologías para optimizar el recurso; la captación de agua de lluvia es una de ellas. Si usted tiene un poco de espacio fuera de su casa, podría construir este sistema de captación y reciclar el agua de lluvia.

La guía es una herramienta que orienta sobre la obtención de agua de lluvia que es interceptada en los techos de las casas y dirigida por medio de canaletas y bajantes hasta el lugar de su almacenamiento, donde se puede mantener el agua en buenas condiciones por largos períodos de tiempo.

Objetivo General:

Esta guía proporcionara información, para implementar la Ecotecnia de captación y reciclaje de agua lluvia y calcular por medio de Simuladores la Oferta-Demanda de agua pluvial y capacidad del tanque de almacenamiento, que contribuya a hacer frente a la problemática generada por la escasez de agua en cualquier Estado y localidad de la República Mexicana.



### Objetivos Específicos:

- Conocer la Factibilidad de Captación de aguas de Lluvias en la localidad de estudio
- Elección de la tecnología para la elaboración de un sistema de captación y reciclaje de aguas pluviales de forma sencilla y económica de acuerdo a las características de cada región.
- Conocer los elementos del sistema.
- Calcular la Oferta – Demanda de agua de lluvia, así como el volumen del depósito de almacenaje por medio de Simuladores.

## Aplicaciones

Las aguas de lluvia pueden ser empleadas para diversas aplicaciones, de forma tal que hasta un 50% de la que se utiliza puede ser sustituida, como se muestra en la gráfica siguiente.

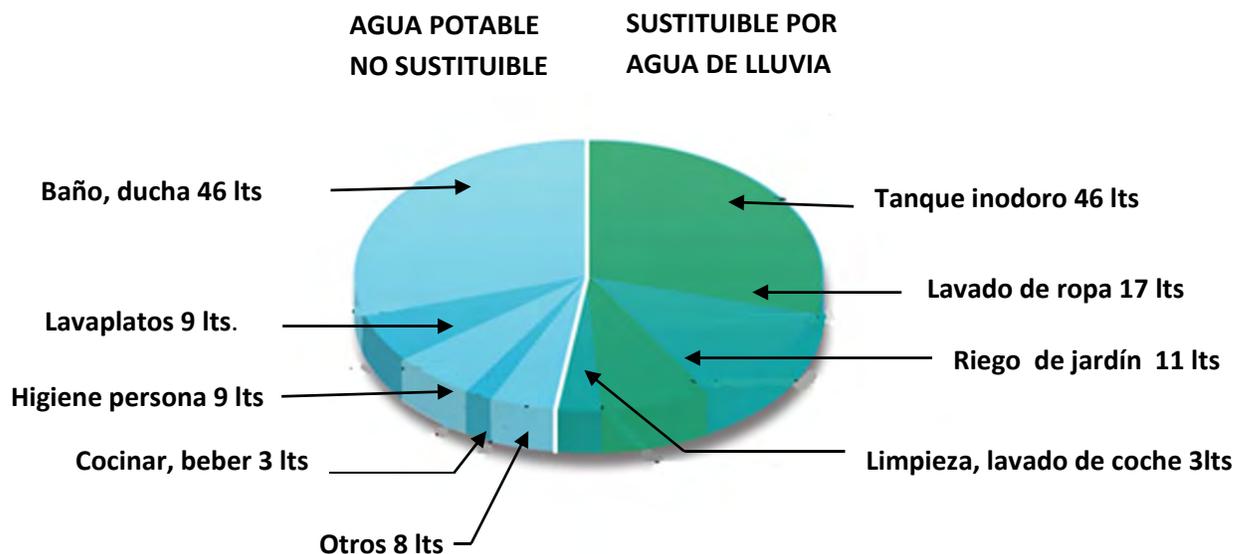


Figura 50 Gráfica Agua de lluvia sustituible Aprovechamiento de agua de lluvia en una casa. Revista Eroski Consumer (2008)

Analizando la gráfica anterior el agua potable no sustituible es de 75 litros y el agua sustituible por agua lluvia es de 77 lts con un total de 157 Lts/Habitante-día



## *Techumbres en la captación*

La forma del área de captación tiene una considerable influencia en la posibilidad de cosecha. Por tanto diferentes tipos de techo entrega distintos tipos de posibilidades de cosecha.

Los techos más comunes se muestran en la figura 1, el techo de una sola caída (agua) es el más apropiado para cosecha de agua lluvia, ya que el techo entero puede ser desaguado en un solo canal en el punto más bajo y una o dos tuberías en pendiente, pueden ser ubicadas dependiendo del área.

El techo más complicado para la cosecha resulta ser el piramidal. Requiere una canaleta en cada lado y al menos dos cañerías descendentes en esquinas opuestas. Si se dispone de un techo de esta forma y de gran tamaño, el agua debería ser recibida en 4 depósitos localizados en cada esquina de la casa. El principal problema es siempre la esquina. Un ángulo de 90° en la canaleta debería ser evitado, resulta extremadamente difícil ajustar canaletas de esa manera para que el agua fluya fácilmente hacia abajo. Los techos más útiles son los de una y doble caída.



*Figura 51 Diversos tipos de techumbres Creación propia.*

## *Elementos del Sistema*

Cualquier sistema de captación de agua de lluvia requiere los siguientes componentes básicos:

**Área de captación:** Lugar donde se almacenan los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, etc., que deben estar impermeabilizados. Tomando en cuenta los siguientes coeficientes de escorrentía en función del tipo de techumbre:



Superficie colectora		C
1	Tejado duro inclinado	0.85
2	Tejado plano con gravilla	0.60
3	Tejado plano sin gravilla	0.80
4	Superficie empedrada	0.65
5	Revestimiento asfáltico	0.85
6	Concreto	0.70
7	Pavimento	0.55
8	Tejado verde	0.40
9	Geomembrana de PVC	0.85
10	Azulejos, teja de barro	0.85
11	Tejas acanaladas (metálicas)	0.80
12	Techos de paja o guano	0.65
13	Suelo con pendientes menores al 10%	0.15
14	Superficies naturales rocosas	0.35

**Tabla 36 Superficie Colectora, coeficiente de escorrentía c**

**Filtros.** Antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento se recomienda colocar un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que puede arrastrar el agua a su paso por las superficies, como pueden ser sedimentos, metales, grasas y basuras. De esta forma el agua llegará sin residuos tóxicos al lugar de almacenamiento.

**Canaletas y bajantes.** Sistema de conducción referente al conjunto de canaletas y tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. El material utilizado debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí y que no permita la contaminación con compuestos orgánicos o inorgánicos.

**Tanques de almacenamiento.** Se trata de tinacos o cisternas donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posible contaminantes. Además, la entrada y la descarga deben de contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; deben estar dotados de dispositivos para el retiro de agua. Deben ser de un material inerte, concreto armado, de fibra de vidrio, polietileno son los más recomendables.



**Bombas o sistemas de elevación de agua.** Estas pueden ser: Sistemas de elevación electromecánica para algunos procesos de filtración y para subir el agua a contenedores elevados de distribución final. Bombas accionadas por energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas.

## *Elección de la Ecotecnia*

Definición: Son técnicas que el hombre ha desarrollado a través del tiempo las cuales se caracterizan por aprovechar eficientemente los recursos naturales (agua, tierra, energía solar) y materiales.

La ecotecnia de captación de agua o sistemas de cosecha de agua tienen como propósito recolectar el agua proveniente de la lluvia para su utilización. Su aplicación doméstica consiste en sistemas colocados en el techo de la casa donde captan el agua y luego es drenada a través de conductos para luego almacenarse en un tanque o cisterna. Existen sistemas de fabricación sencilla que no requieren la participación de expertos y se utiliza material disponible localmente. El agua de lluvia recolectada se puede utilizar para lavado de ropa, Tanque de inodoros, riego de jardín, limpieza lavado de coche, incluso combinando el sistema con filtros puede utilizarse también para consumo humano.

A continuación se hace una descripción de 5 diferentes Modelos con sistemas de captación de aguas lluvias de acuerdo a las propias necesidades de la región.

## *Glosario Guía - Simulador*

**Agua pluvial.** Agua de lluvia, precipitación natural que ha recorrido una columna atmosférica.

**Agua potable.** Agua distribuida por una compañía autorizada y que sigue las pautas de calidad de la normativa vigente.

**Almacenamiento:** Depósito destinado a la acumulación, conservación y abastecimiento del agua de lluvia con fines domésticos

**Canaleta.** Elemento de conducción del agua pluvial acumulada de la superficie de captación que posteriormente se dirigirá a través de bajantes hacia el sumidero para ingresar en el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

**Captación:** Superficie destinada a la recolección del agua de lluvia para un fin beneficioso.

**Cisternas o depósitos de acumulación.** Recipientes de acumulación de agua pluvial.



**Coefficiente de escorrentía superficial.** Relación entre el índice de escorrentía o de circulación superficial de agua y la pluviometría por unidad de tiempo. La circulación superficial, cuando existe precipitación de debe a una superficie impermeable o un suelo saturado de agua.

**Conexión cruzada.** Conexión hidráulica física entre dos sistemas separados que puede acarrear contaminación entre ambos.

**Deflector.** Aparato instalado en la alimentación de la cisterna que minimiza la turbulencia y reduce la velocidad de entrada del agua en ella. Con el objetivo de evitar lo máximo posible la suspensión de sólidos decantados en la cisterna.

**Dispositivo de descarte de primeras aguas.** Elemento automático o manual que evita el ingreso al sistema de las primeras aguas de lavado de la superficie de captación.

**Eficiencia de los filtros.** Proporción entre el agua que entra en el filtro y la cantidad de agua suministrada para su utilización.

**Grado de filtración.** El tamaño mínimo de las partículas rechazadas por el filtro.

**Interceptor:** Dispositivo dirigido a captar las primeras agua de lluvia correspondiente al lavado del área de captación y que pueden contener impurezas de diversos orígenes.

**Periodo de retorno.** Periodo de tiempo medio en el que se iguala o excede la intensidad de precipitación para una unidad de tiempo determinado.

**Pluviometría.** Cantidad total de precipitación anual por unidad de superficie, comúnmente metro cuadrado.

**Recolección:** Conjunto de canaletas situadas en las partes más bajas del área de captación con el objeto de recolectar el agua de lluvia y de conducirla hacia el interceptor.

**Sistema de drenaje.** Conjunto de equipos y elementos de fontanería que permiten la conducción de las aguas acumuladas en las cotas más bajas de una superficie de captación hacia un punto común de captación.

**Sostenibilidad.** Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.



**Sumidero.** Elemento físico superficial y conducto por donde entra el agua a un sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

**Suministro.** Punto de demanda del sistema.

**Superficie de captación.** Superficie en la cual se recoge agua pluvial para ser utilizada en un sistema de reutilización de agua pluvial.

**Tejados inaccesibles.** Cubierta de un edificio no accesible al público, a la excepción de las operaciones de mantenimiento

**Unidad de control.** Unidad que controla y/o monitoriza el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial y facilita una operación eficiente.

## *Referencias Simulador:*

Adler Ilán, Carmona Gabriela, Bojalil José Antonio. (2008) *Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos*. PNUMA. Instituto Internacional de Recursos Renovables, A.C. México.

Fernández Pérez Iván. (2009). *Aprovechamiento de aguas pluviales*. Escola Politècnica Superior D'edificació de Barcelona. Universidad Politècnica de Catalunya. EPSEB – UPC Barcelona, España.

Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR) (2001). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Lima Perú.

Gallardo Mortecinos Vicente. (2002). Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia. Recuperado 8 Octubre 2012.

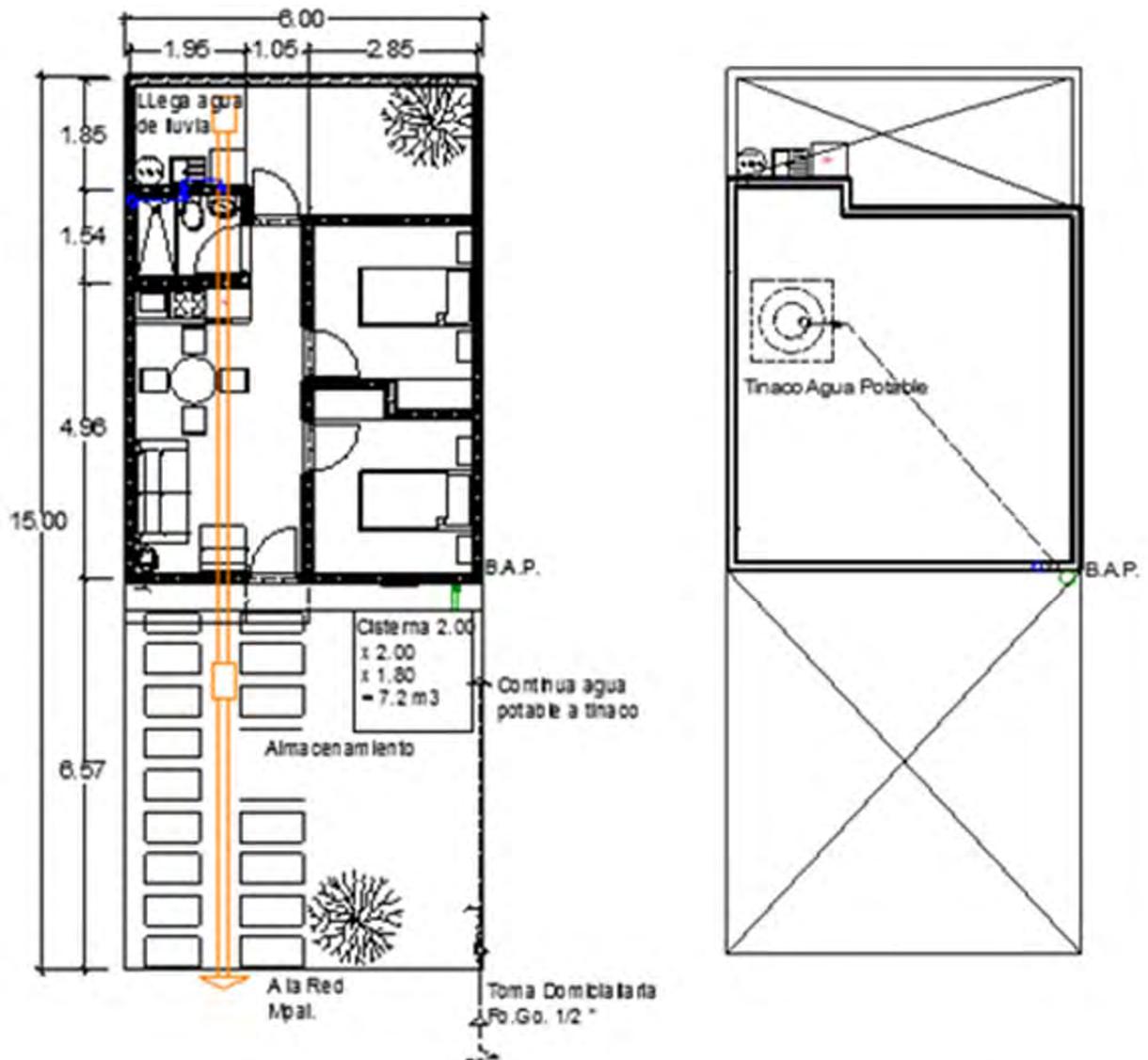
<http://www.sociedadcivil.cl/ftp/COLECTORAGUASLLUVIA%281%29.doc>

Osornio Berthet Luis Jesús. (2012). Captación y tratamiento de agua de lluvia. Recuperado el 11 de octubre del 2012.

<http://www.utecv.esiaz.ipn.mx/boletin/images/stories/junio%2012/captacion.pdf>



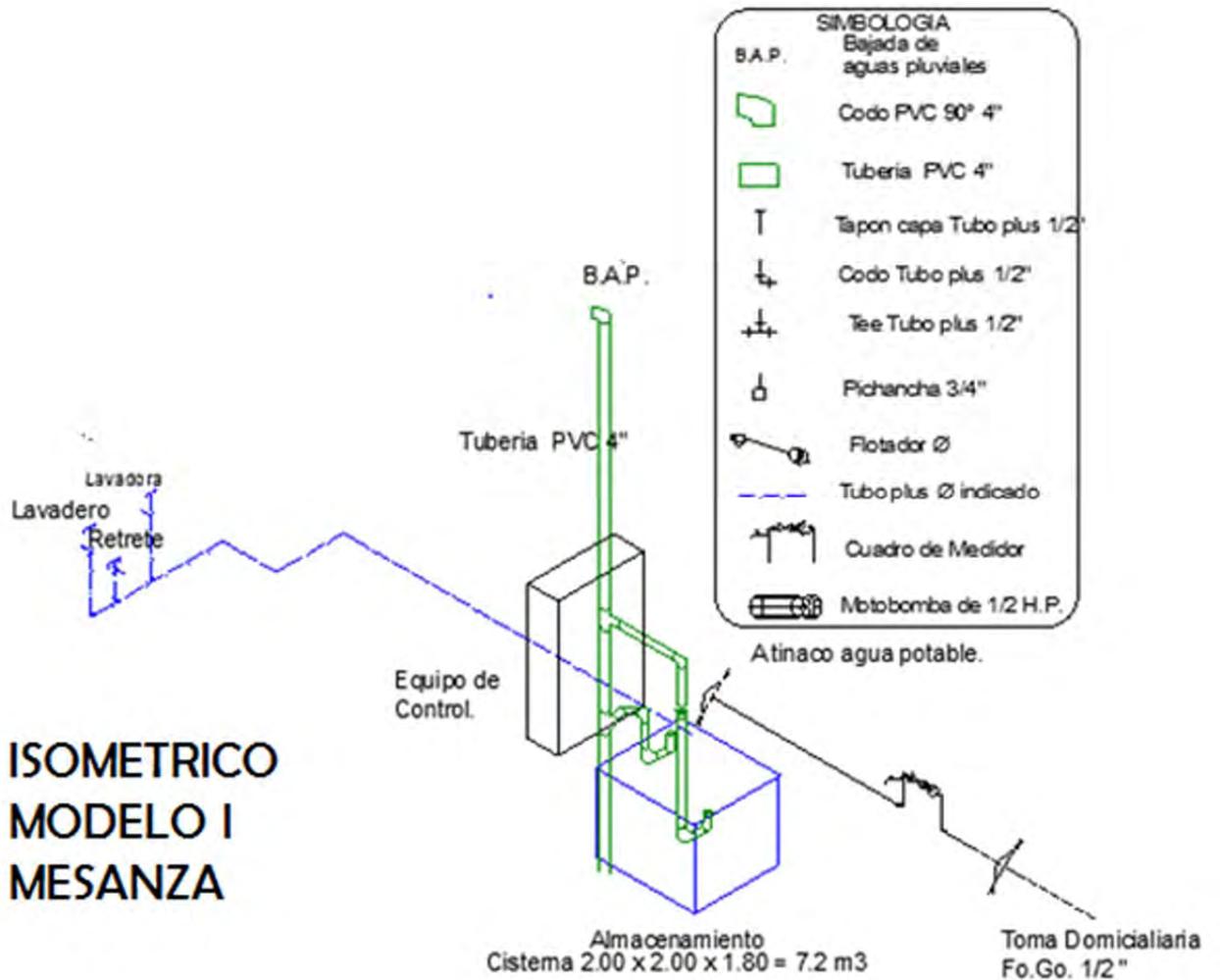
## Modelo I MEZANZA adaptado al caso de estudio



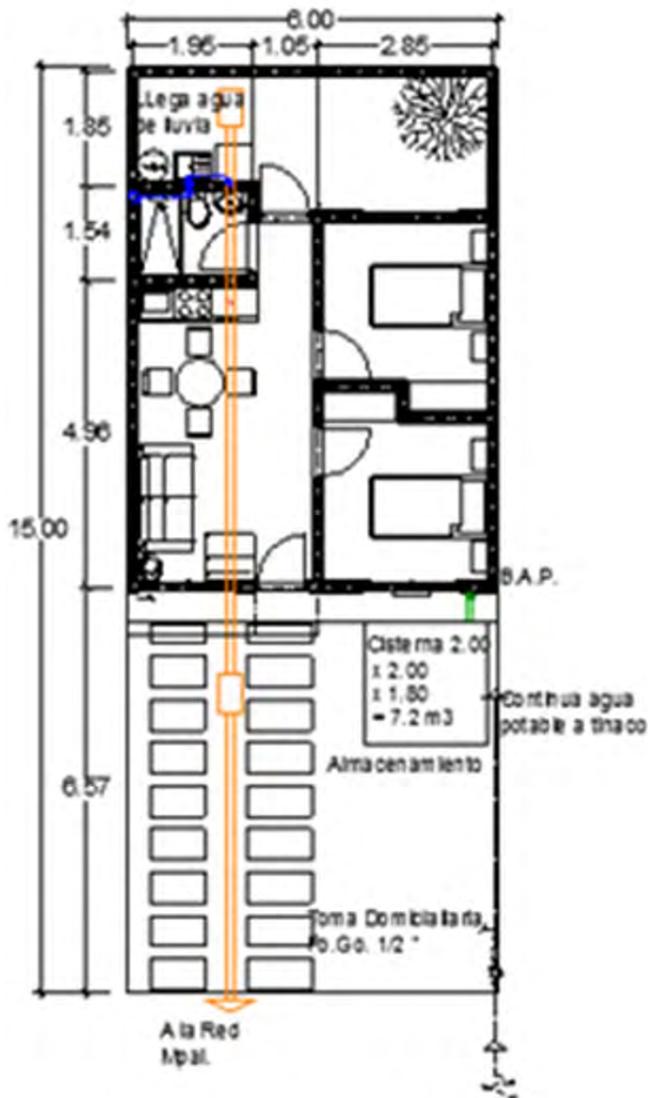
### PLANTA BAJA

### PLANTA AZOTEA

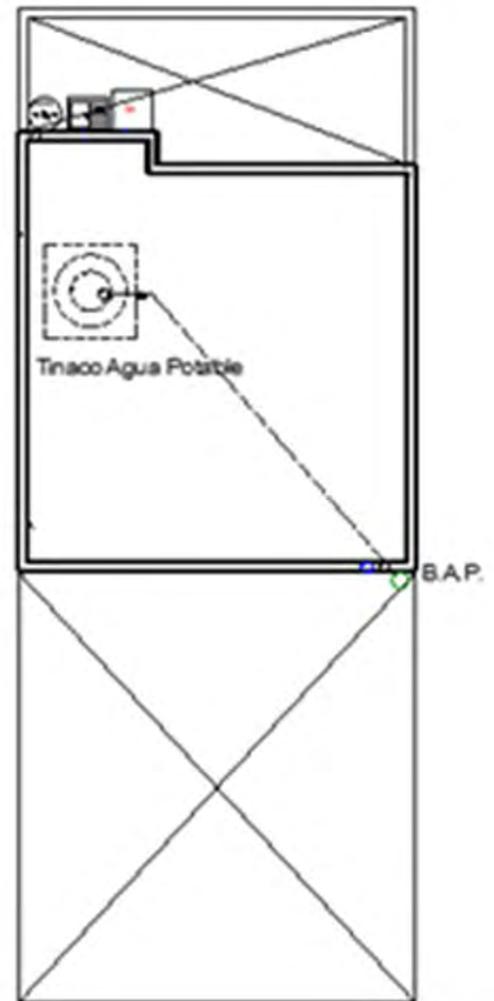




Modelo II SCAPT adaptado al caso de estudio

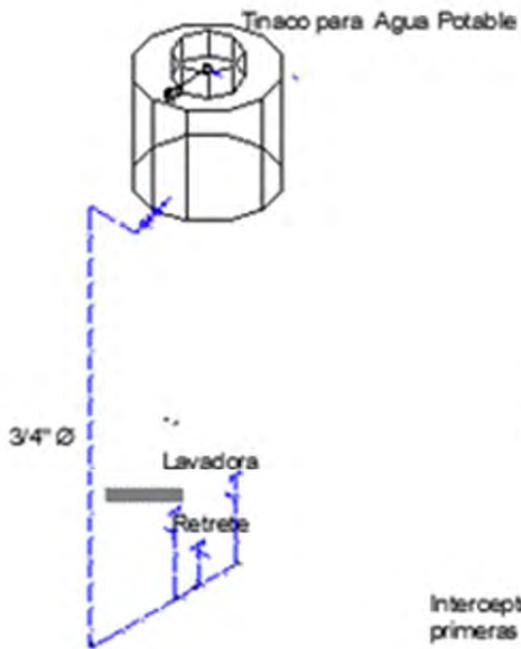


**PLANTA BAJA**

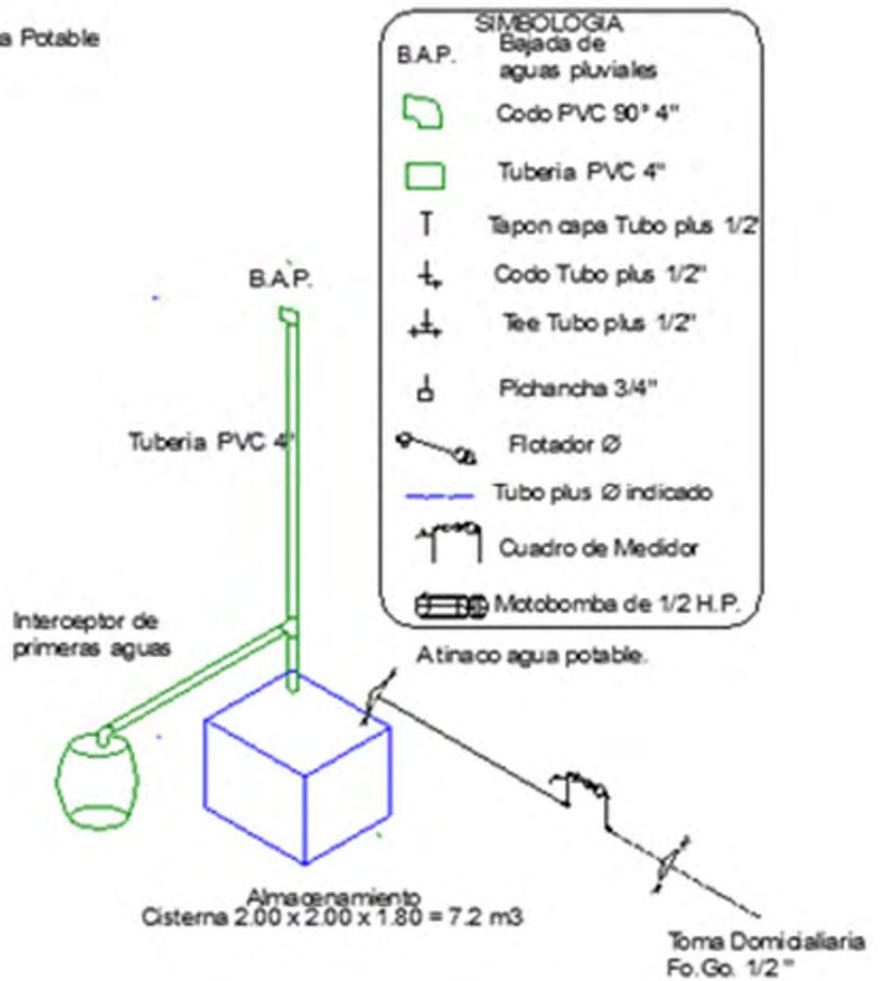


**PLANTA AZOTEA**

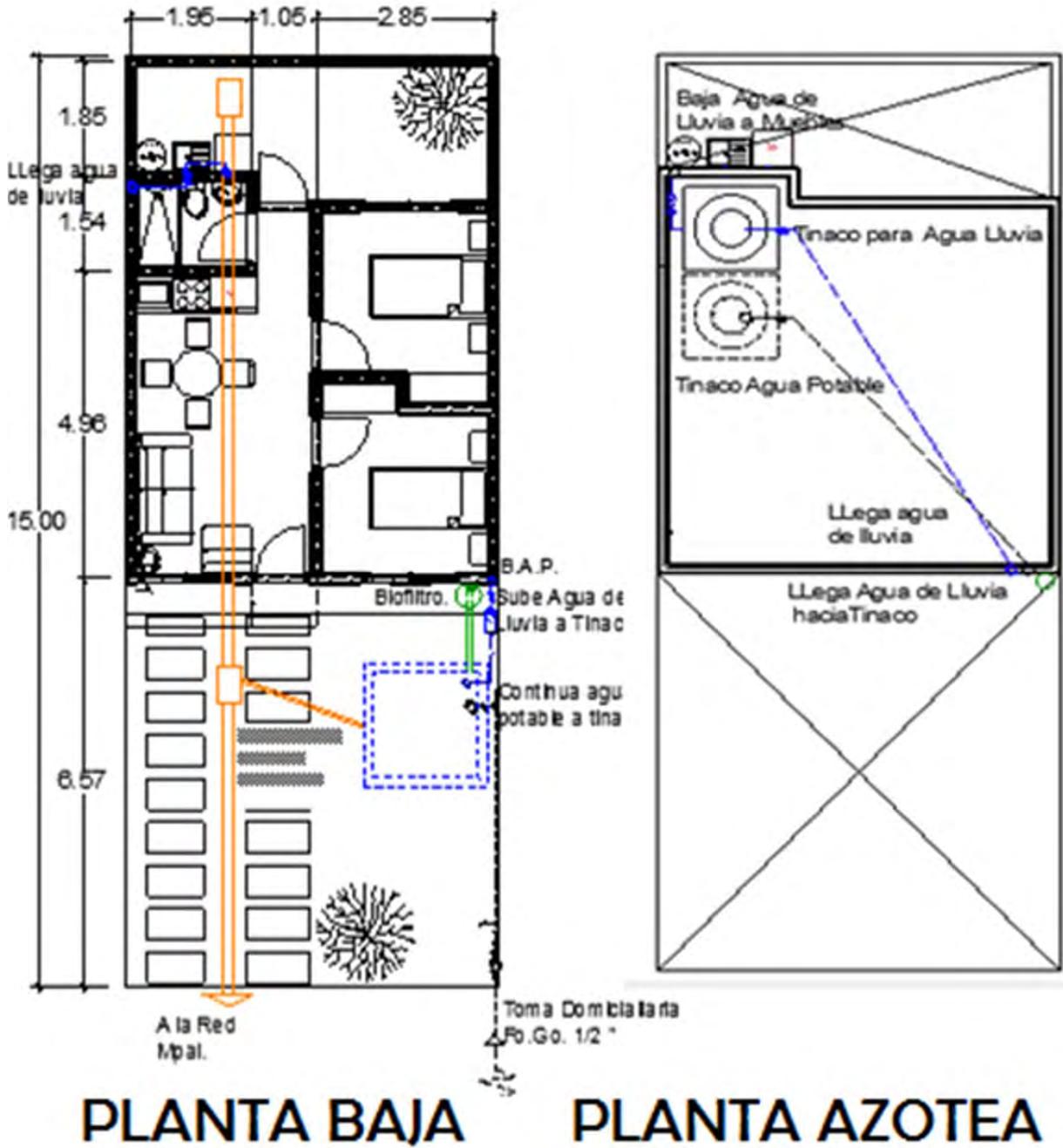




# ISOMETRICO MODELO II SCAPT



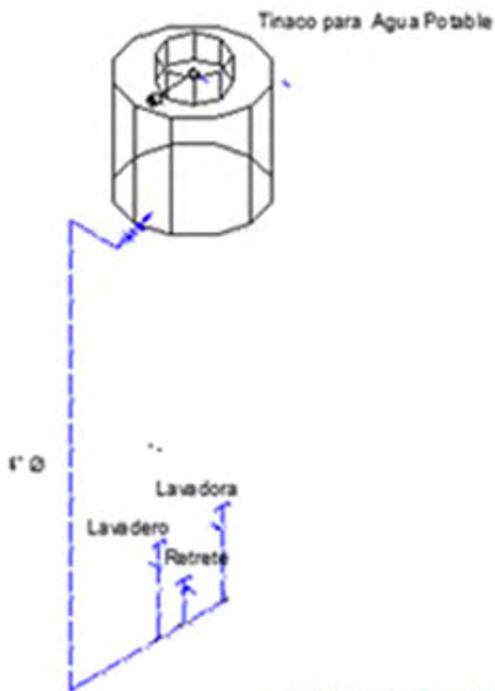
Modelo III SMAGEN adaptado al caso de estudio



PLANTA BAJA

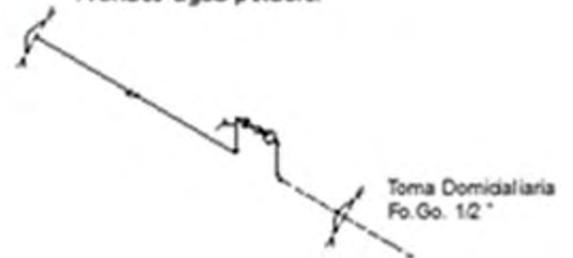
PLANTA AZOTEA





SIMBOLOGIA	
B.A.P.	Bajada de aguas pluviales
	Codo PVC 90° 4"
	Tuberia PVC 4"
	Tapon capa Tubo plus 1/2"
	Codo Tubo plus 1/2"
	Tee Tubo plus 1/2"
	Pichancho 3/4"
	Flotador Ø
	Tubo plus Ø indicado
	Cuadro de Medidor
	Motobomba de 1/2 H.P.

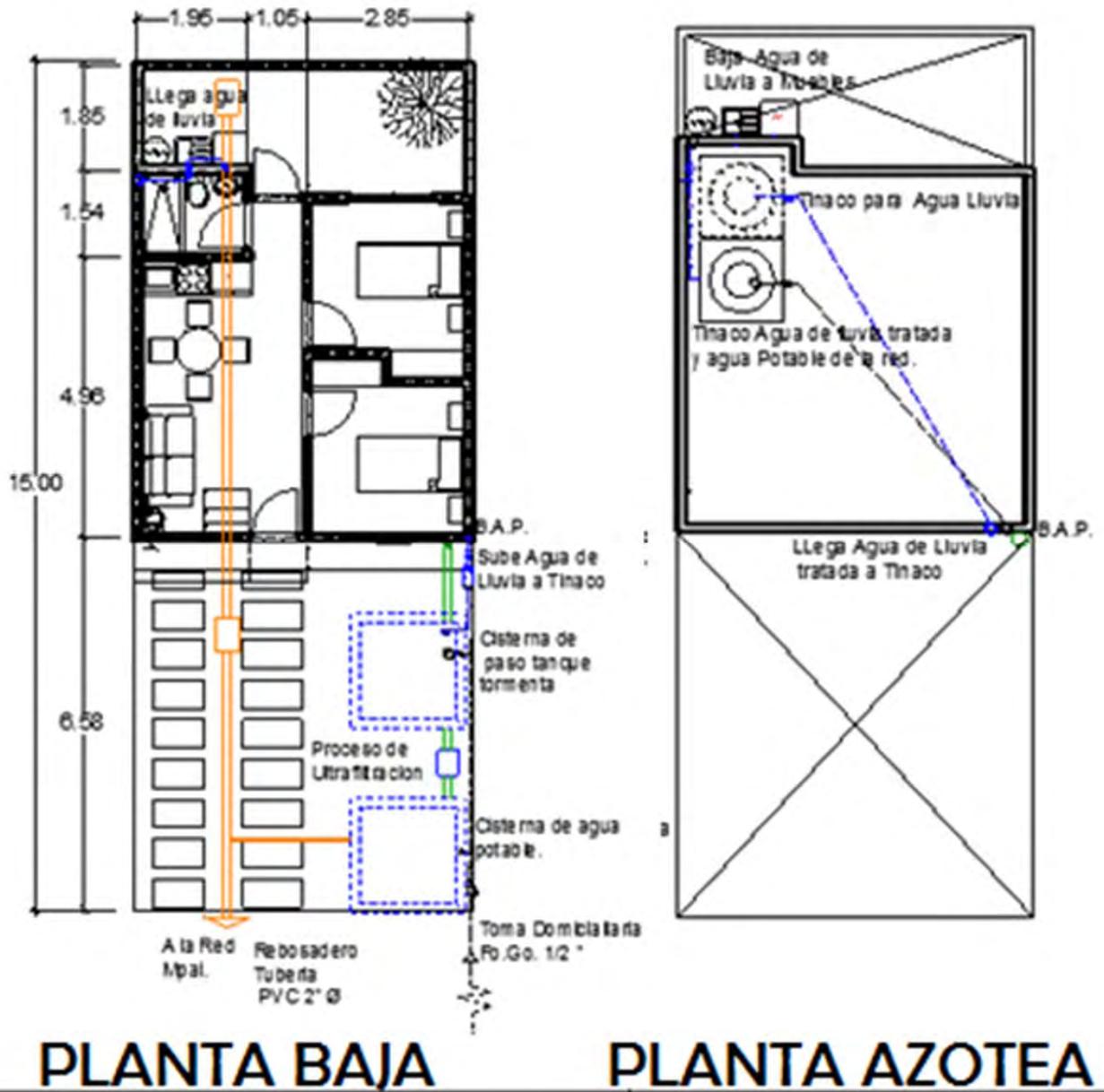
A tinaco agua potable.



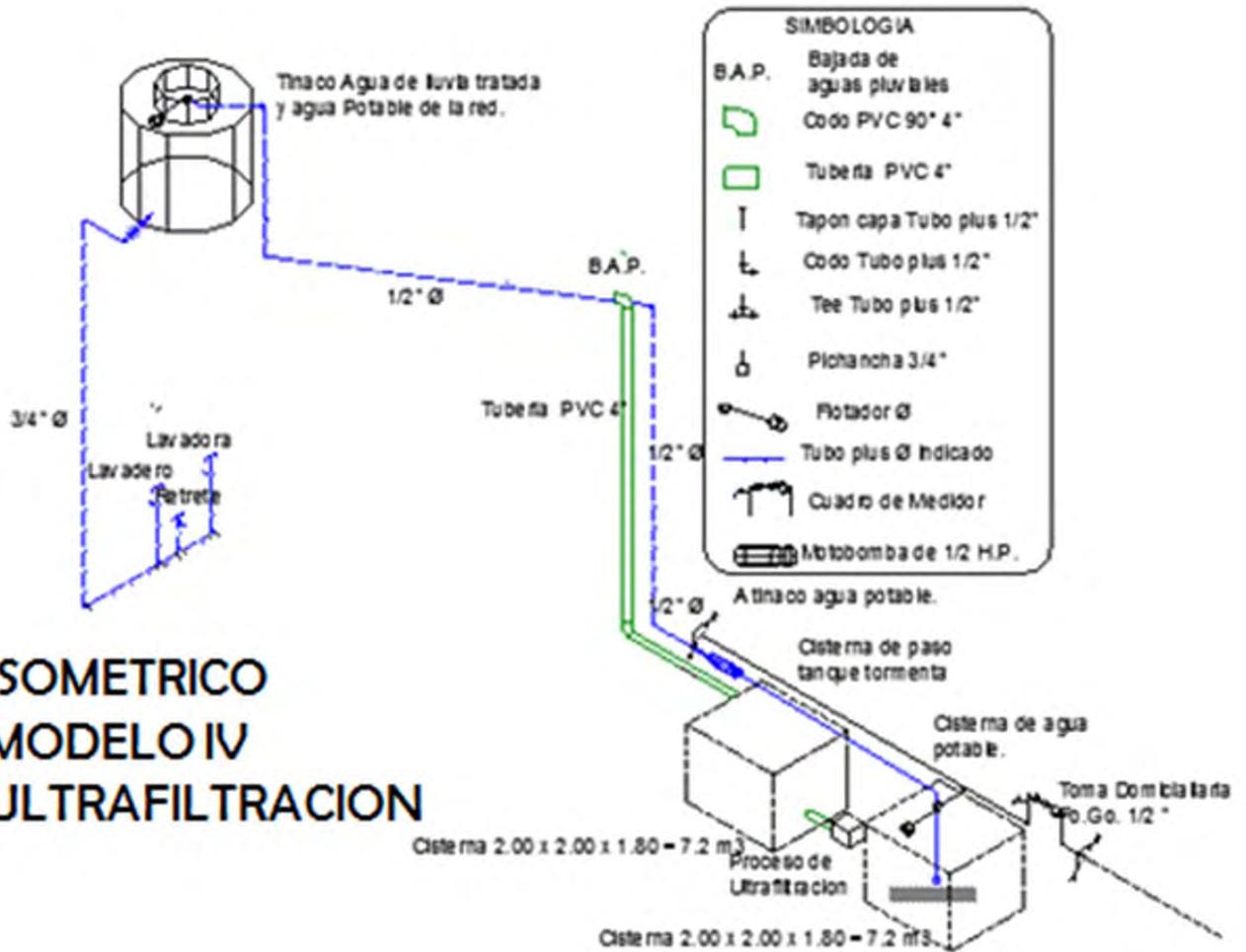
## ISOMETRICO MODELO III SMAGEN



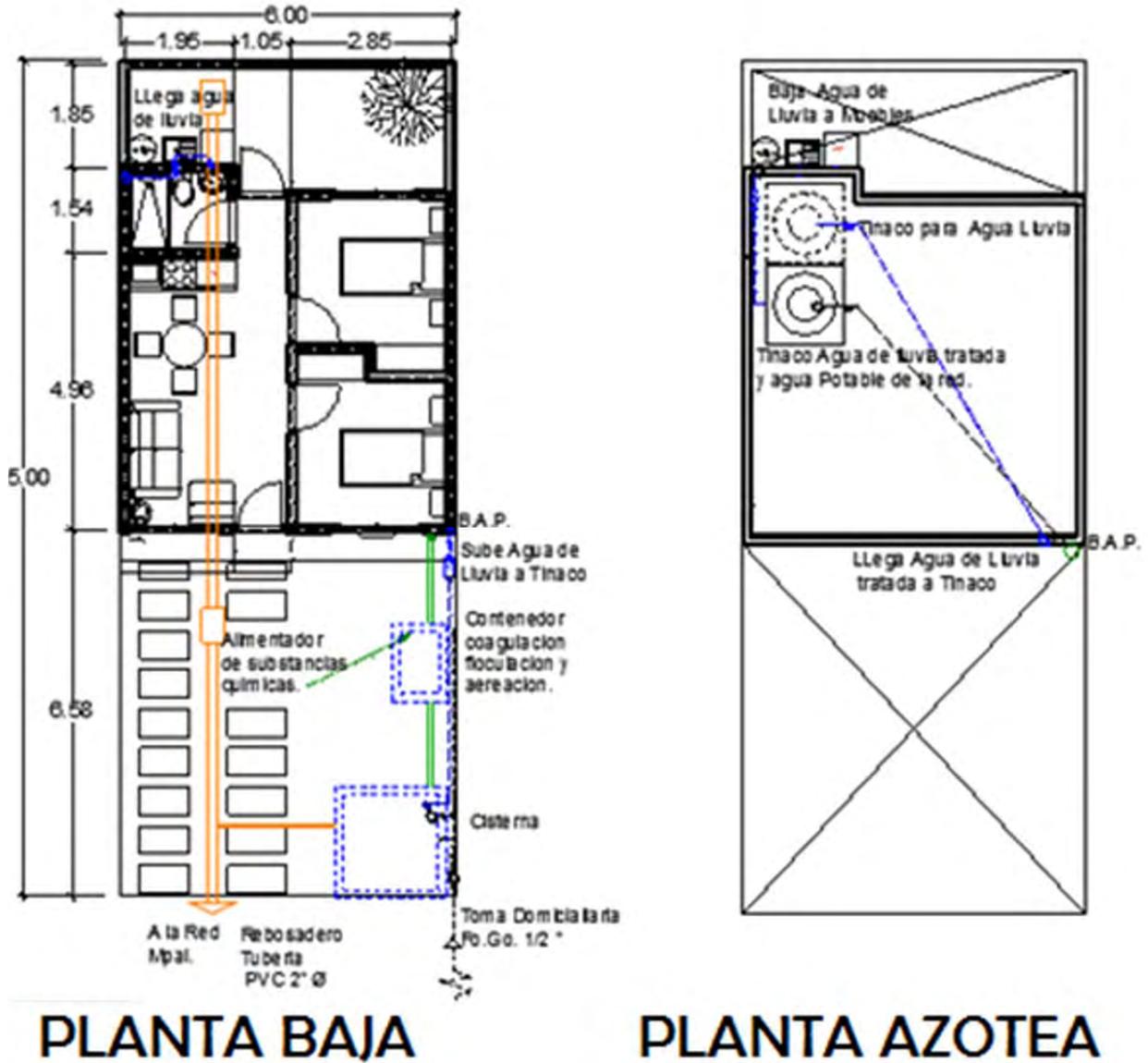
Modelo IV ULTRAFILTRACION adaptado al caso de estudio



# ISOMETRICO MODELO IV ULTRAFILTRACION

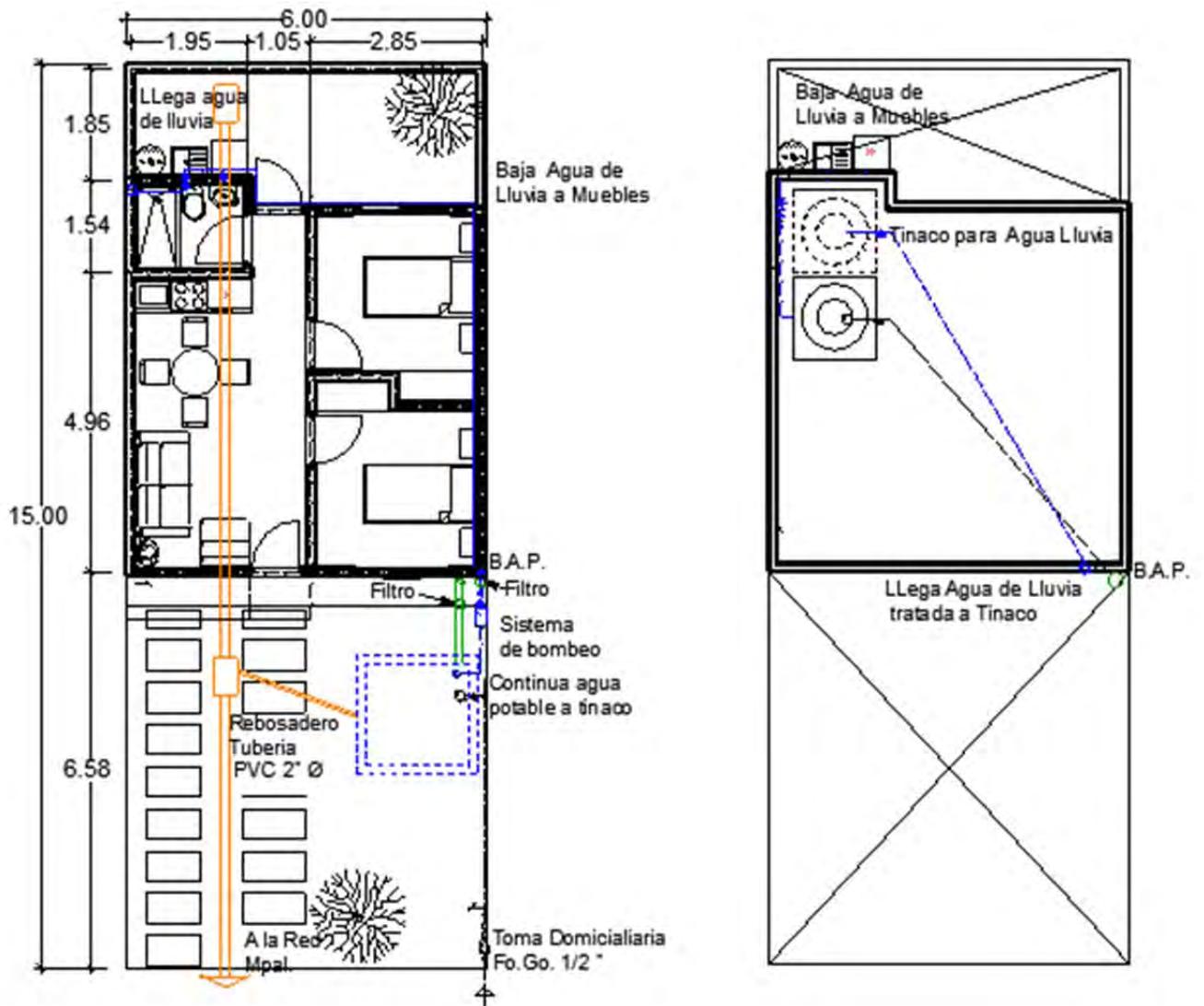


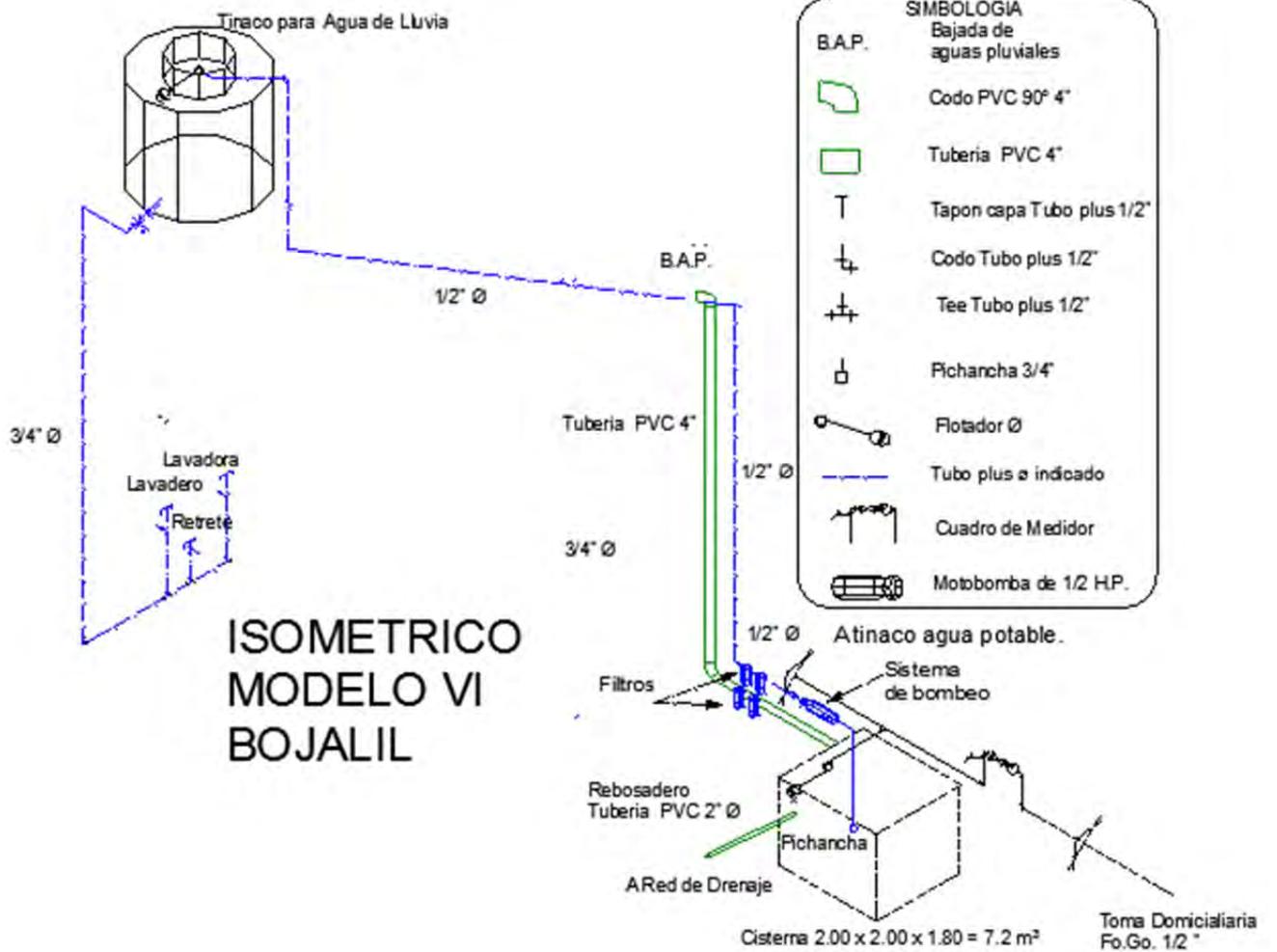
Modelo V SCLAR LOBEIRO adaptado al caso de estudio



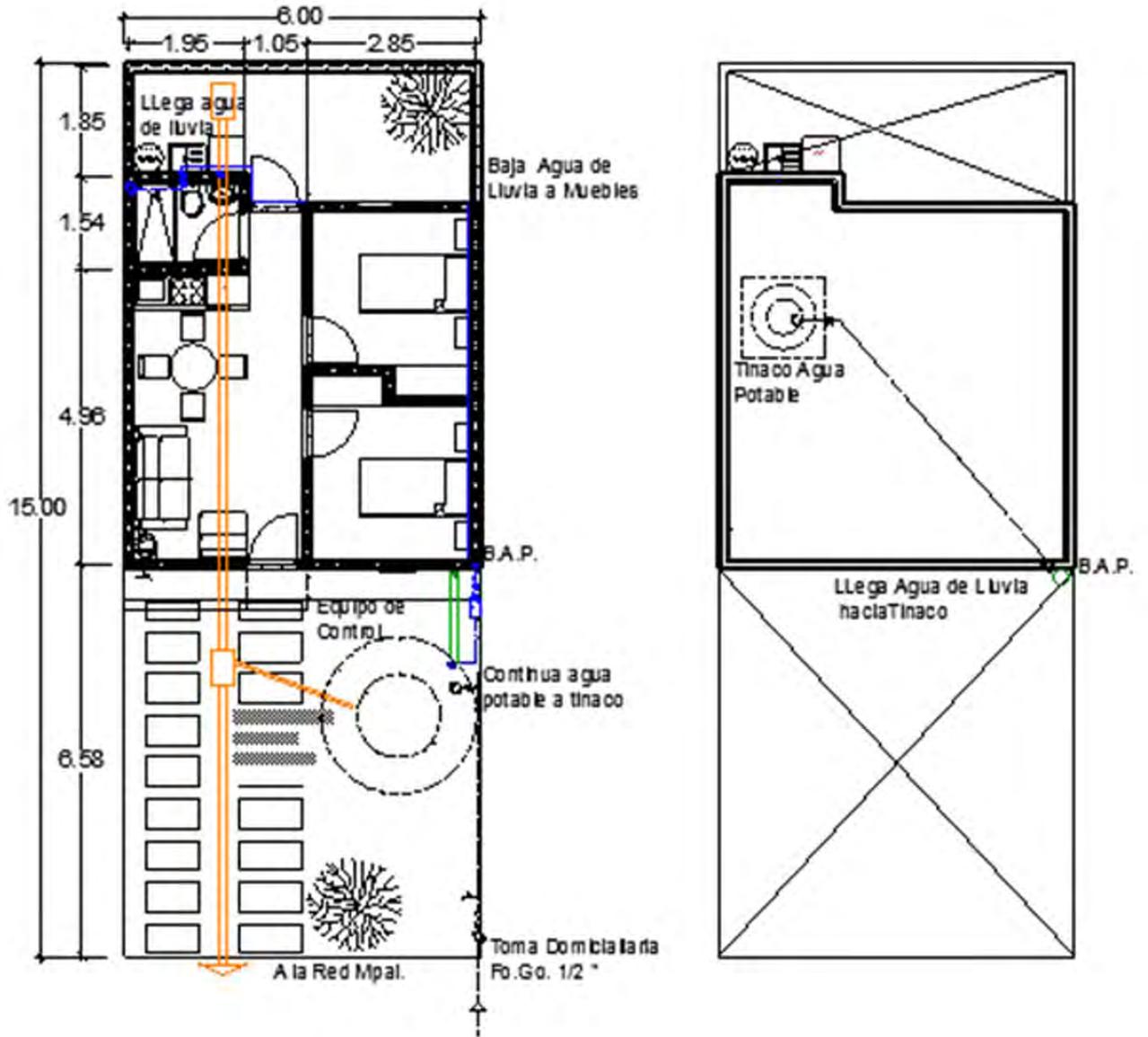


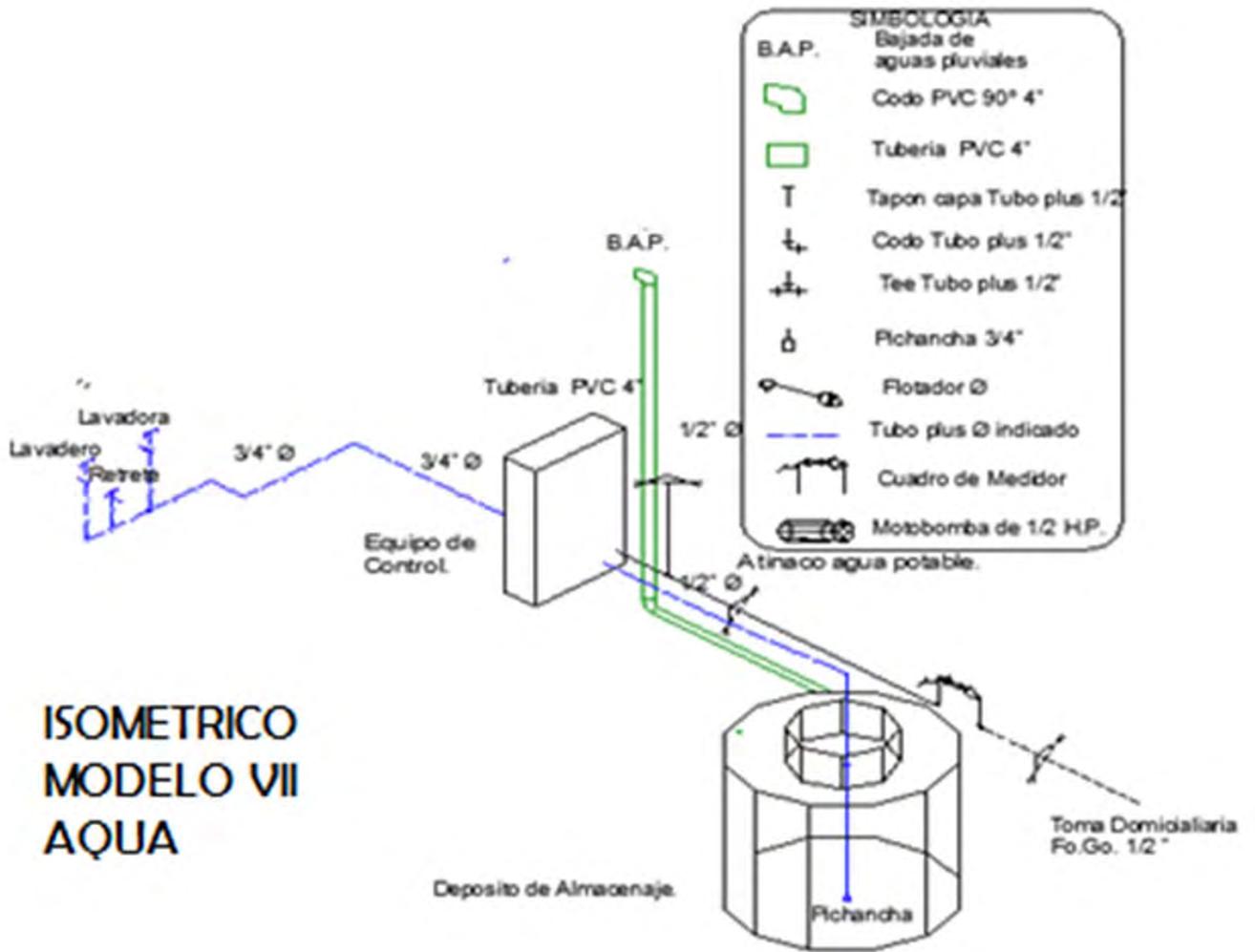
Modelo VI BOJALAIL adaptado al caso de estudio



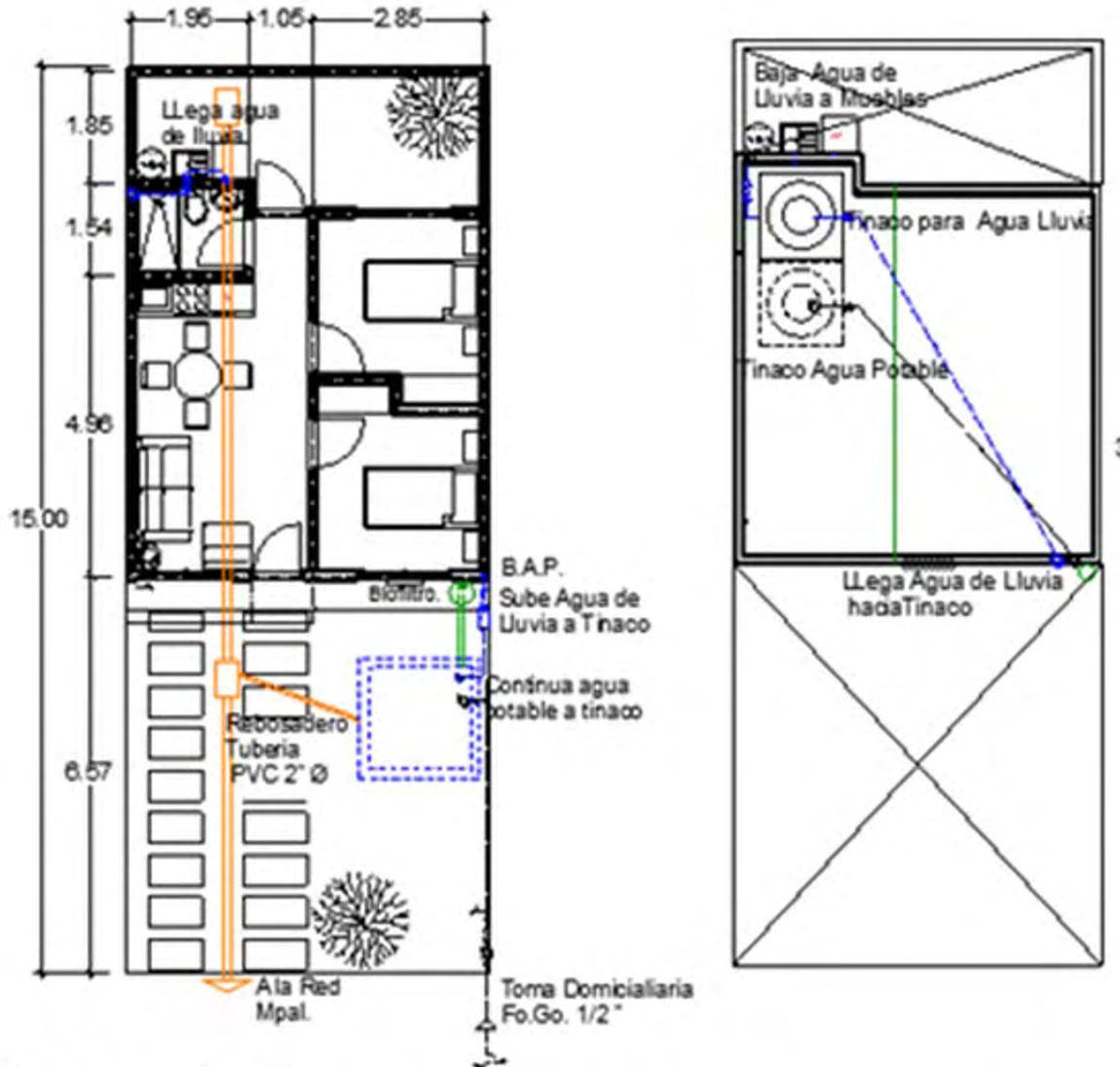


Modelo VII AQUA adaptado al caso de estudio





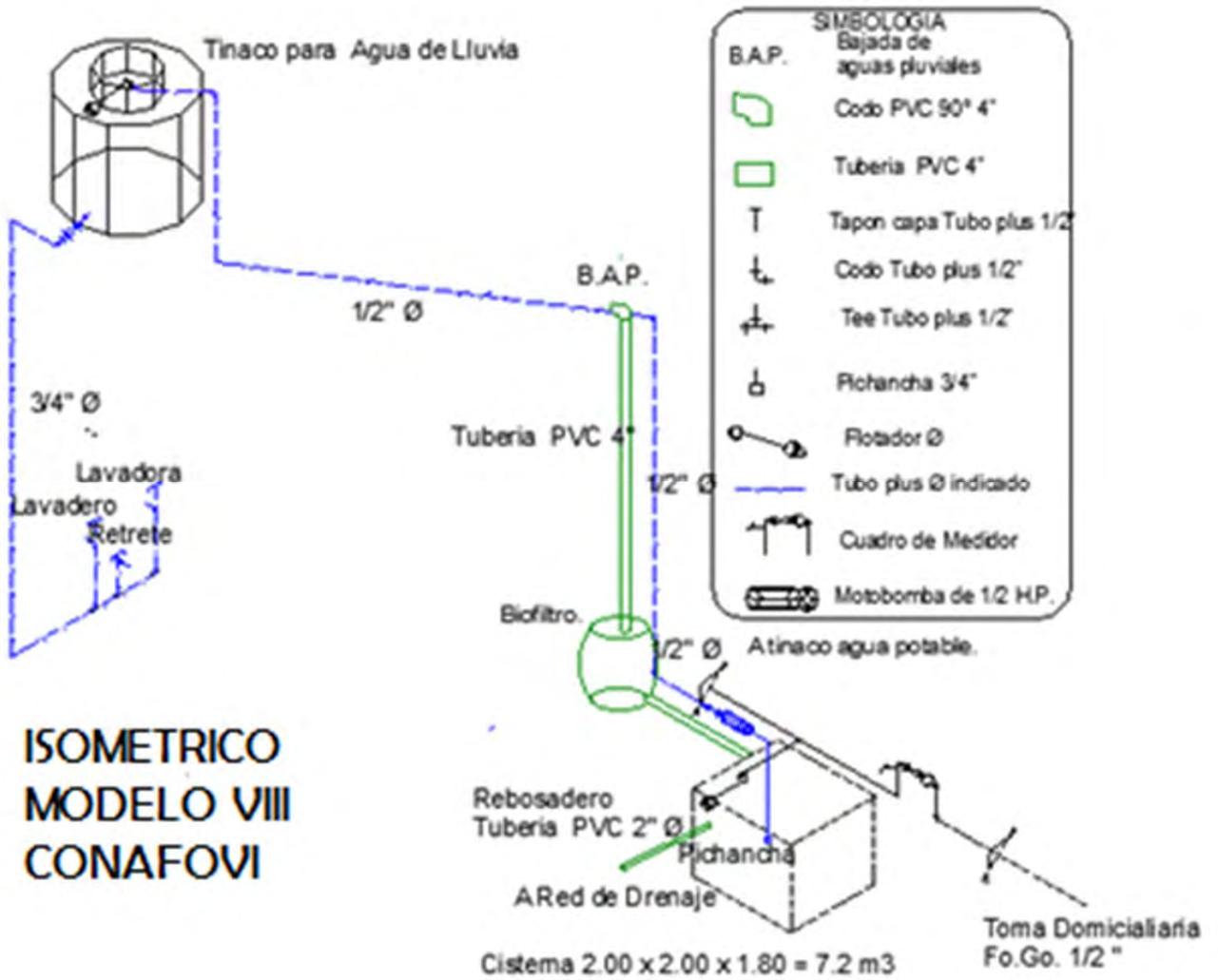
## Modelo VIII CONAFOVI adaptado al caso de estudio



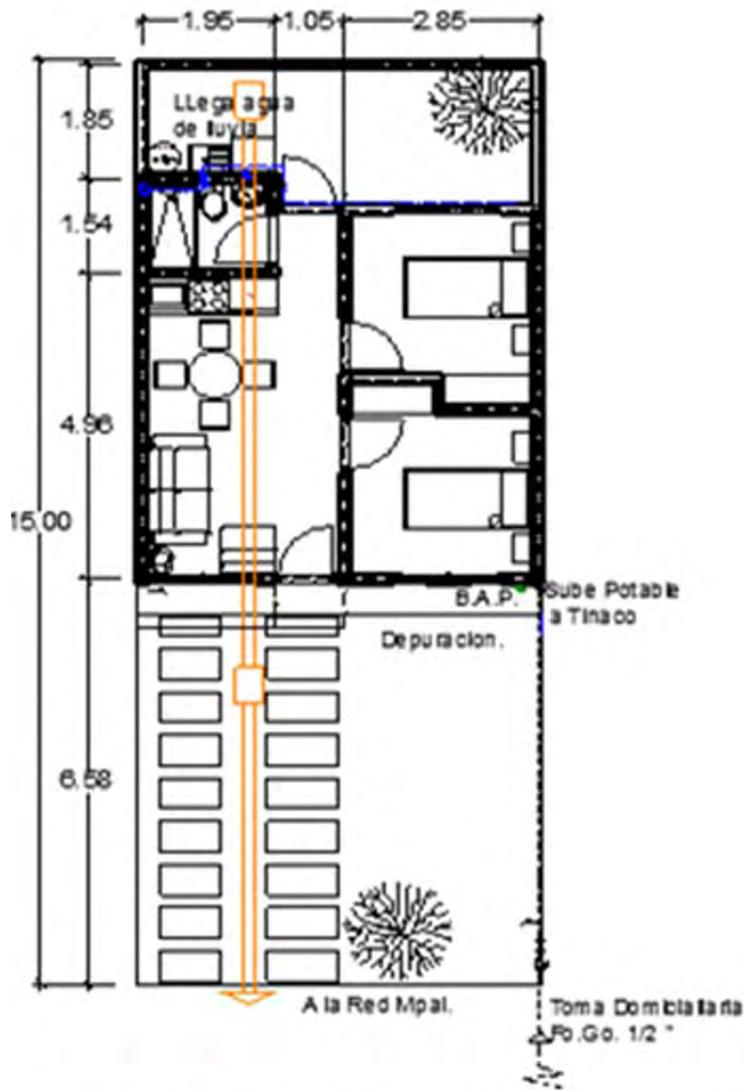
### PLANTA BAJA

### PLANTA AZOTEA

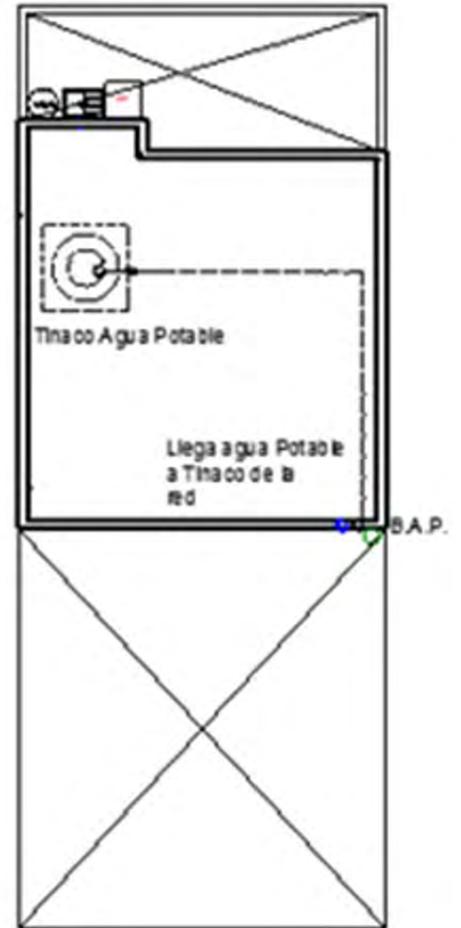




Modelo IX AGU/AGUA adaptado al caso de estudio

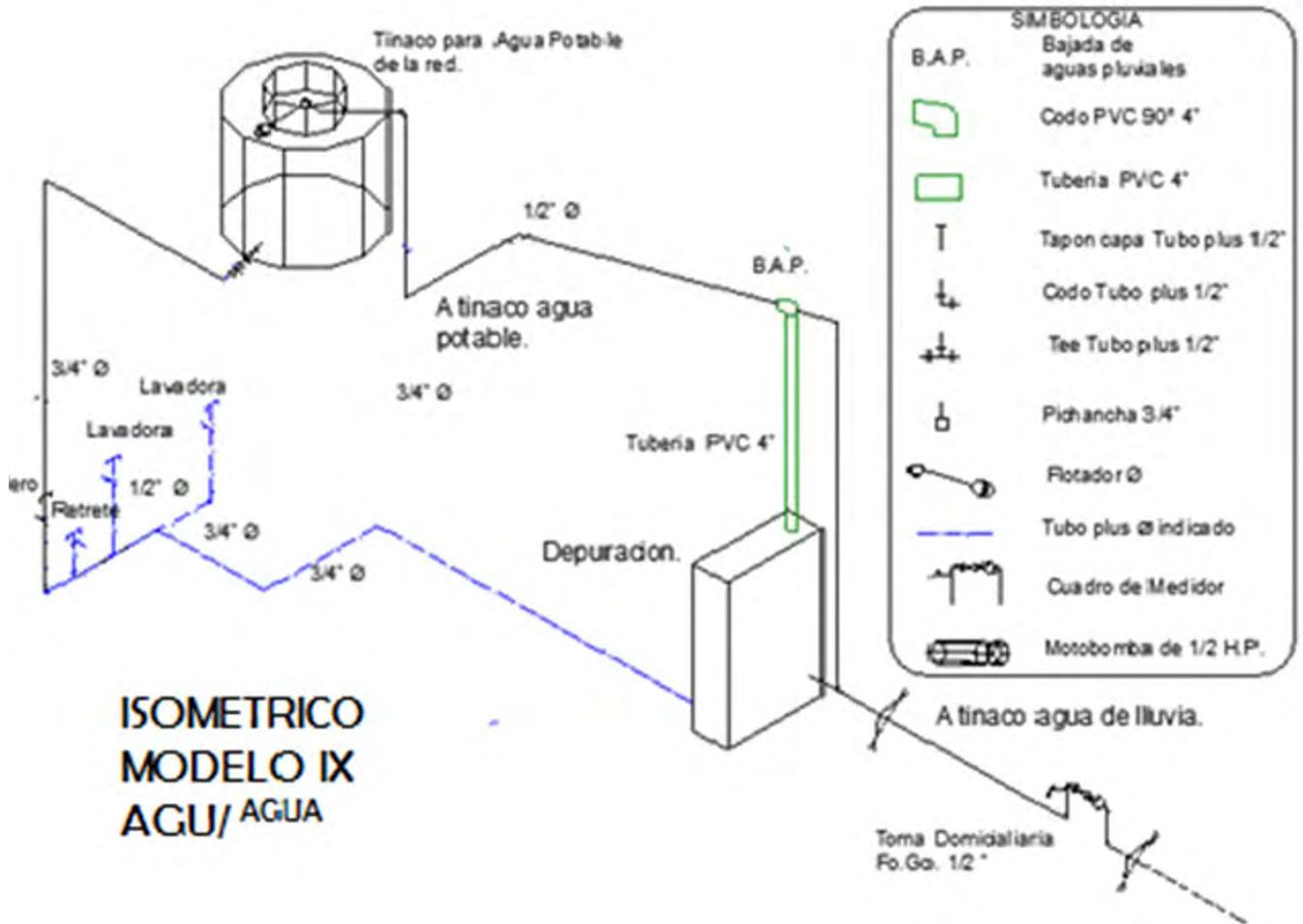


PLANTA BAJA

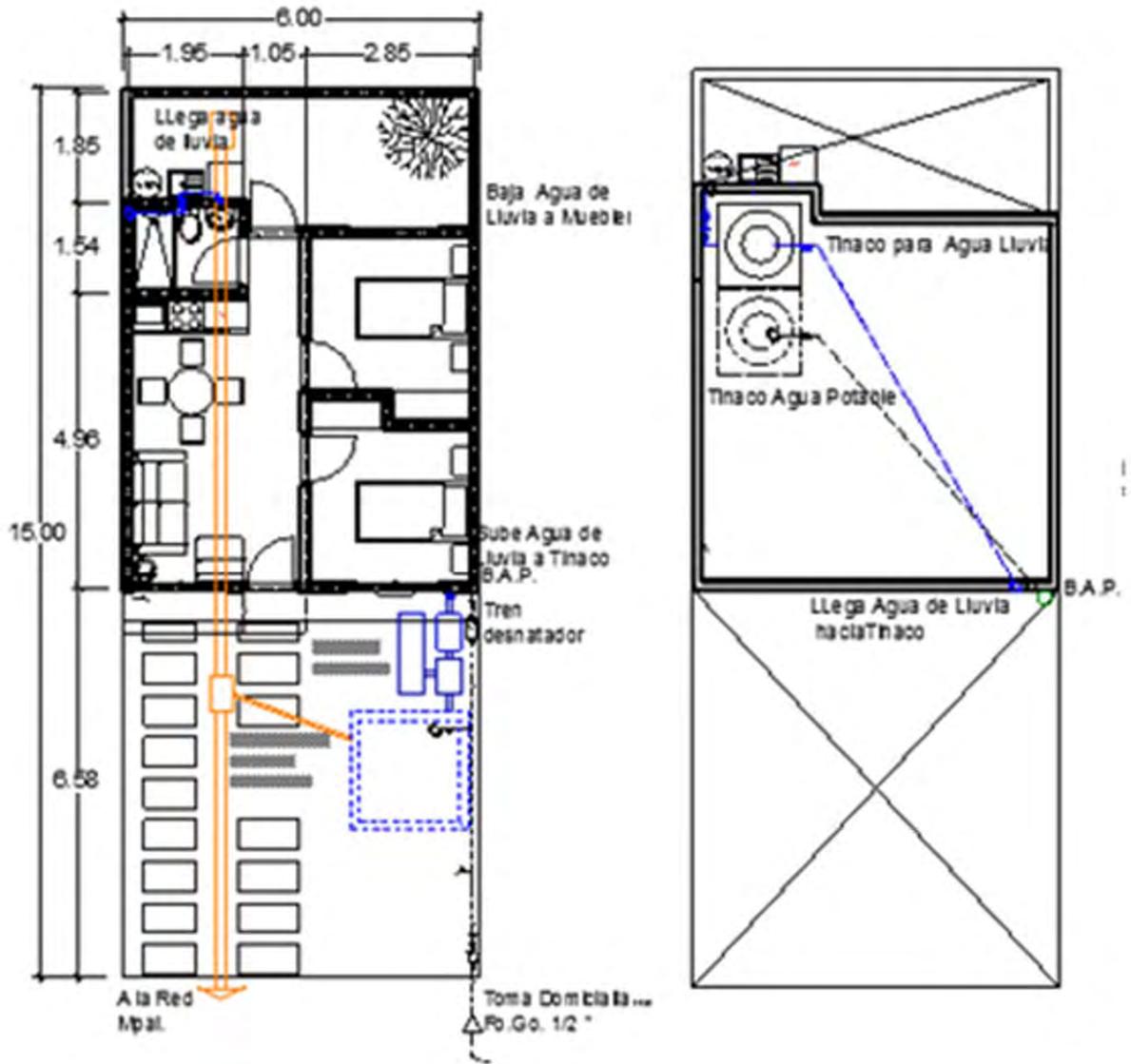


PLANTA AZOTEA





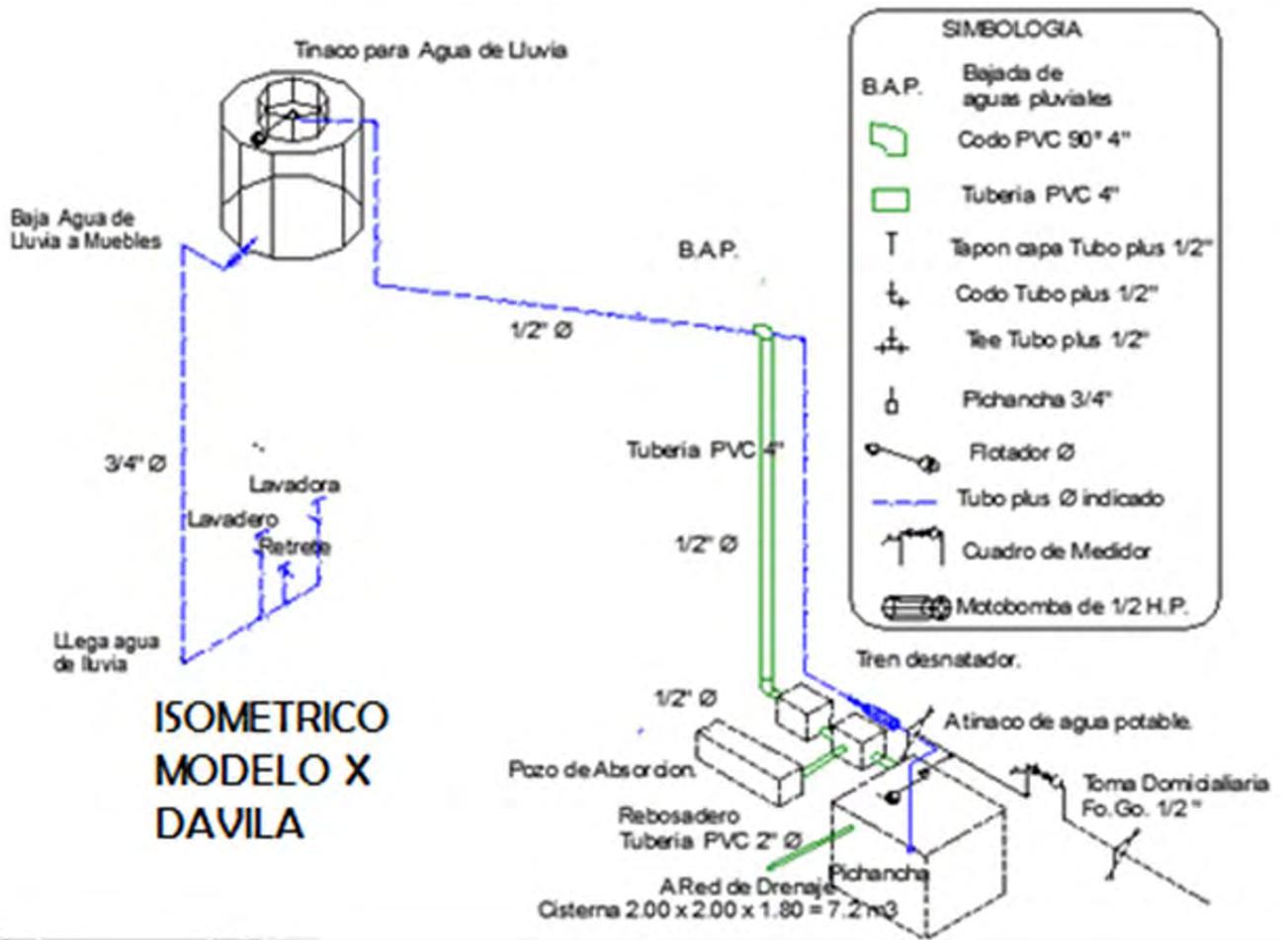
Modelo X DAVILA adaptado al caso de estudio



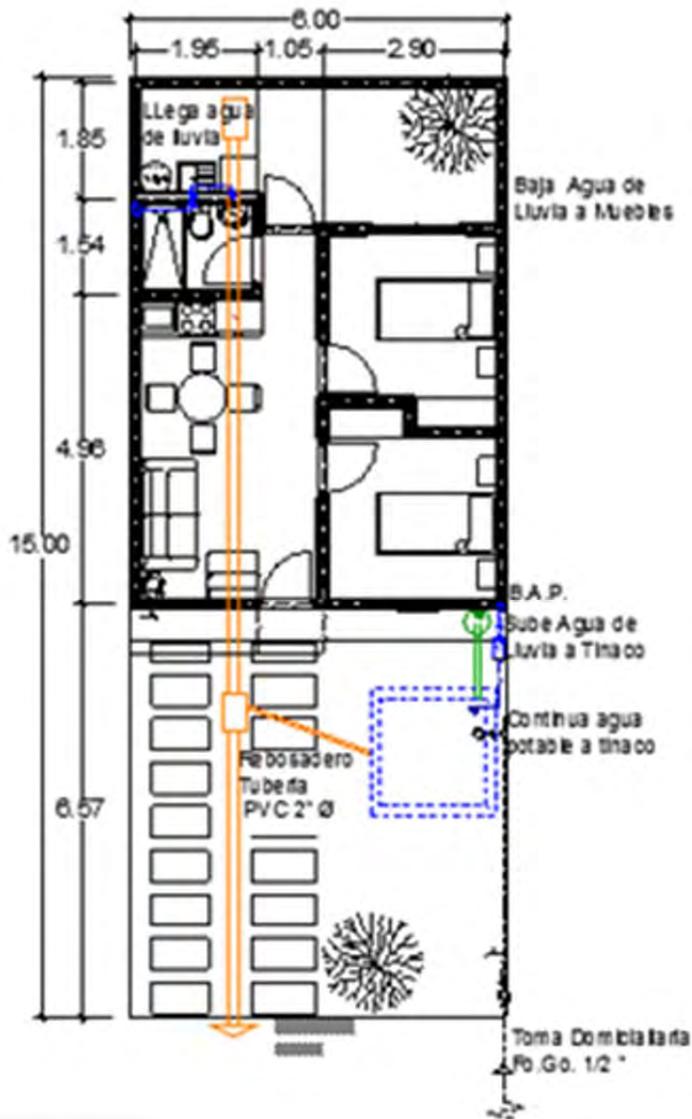
PLANTA BAJA

PLANTA AZOTEA





# Modelo XI IRRI adaptado al caso de estudio

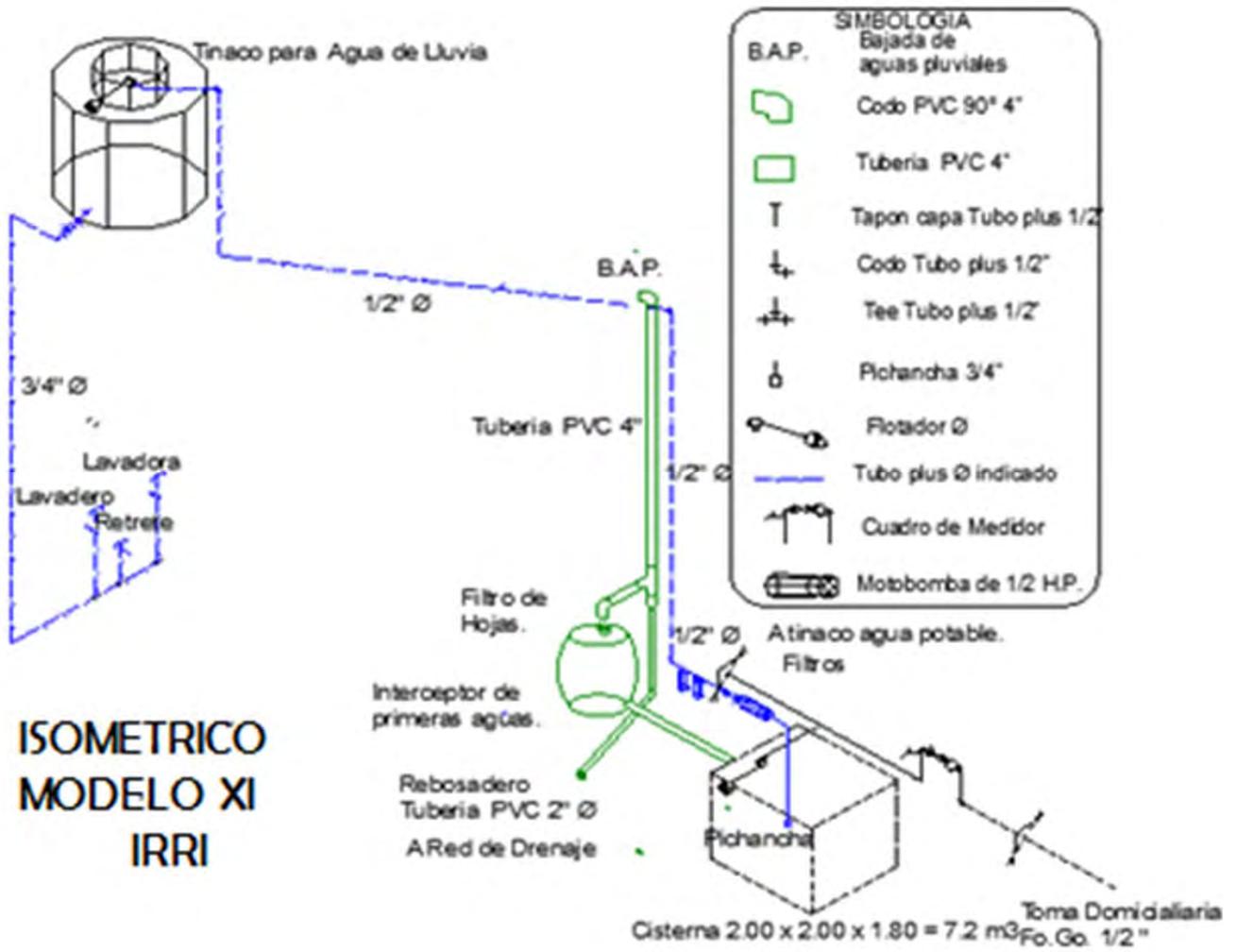


## PLANTA BAJA



## PLANTA AZOTEA





*Tabla 36 Comparativa de los diferentes modelos de acuerdo a los elementos de Captación.*

Dependiendo de las características de la región, así como la los recursos económicos, la siguiente tabla ayudara a definir la ecotecnia adecuado, considerando, los elementos que la constituyen.

Tabla Comparativa de los diferentes modelos de acuerdo a los elementos de Captación, distribución, almacenamiento, red alterna de distribución. En donde todos tienen área de captación.

Modelo	Equipo De control	Canaletas	Bajantes	Filtro antes de almacenar	Depósito de Almacenamiento	Equipo de Bombeo	Filtro después de almacenar	Tinaco de distribución	Pozo de absorción	Abasto por red mpal*	Red De Distribucion alterna	Tipo de agua
I	X	X	X	X	X					X	X	Potable
II		X	X	Interceptor de primeras aguas	X							No Potable
III		X	X		X							No Potable
IV		X	X	Ultra filtración	X	X		X		X	X	No Potable
V		X	X	Tren de filtros	X	X		X		X	X	Potable
VI		X	X	Sedimentador	X	X	X	X			X	No Potable
VII	X	X	X	X	X					X	X	Potable
VIII		X	X	Biofiltro	X	X		X		X	X	
IX	X	X	X							X	X	Potable
X		X	X	Tren de filtros	X	X		X	X	X	X	No Potable
XI		X	X	Interceptor de primeras aguas	X	X	X	X		X		No Potable



Conclusiones: Procedimiento de selección de la ecotecnia

Modelo	Origen	Observacion	Eleccion
I	Español	Por el origen y el no conocer su costo	X
II	Mexicano	No cuenta con tanque de distribución	X
III	Mexicano	No cuenta con tanque de distribución, el tanque de almacenamiento es de reducida capacidad 200 lts.	X
IV	Mexicano	El procedimiento de ultrafiltracion obtiene agua potable, no patentado por tanto sin costo.	X
V	Mexicano	No patentado, sin costo	X
VI	Mexicano	Filtros entrada y salida de tanque de almacenamiento, tanque de distribución.	✓
VII	Español	Por el origen y el no conocer su costo	X
VIII	Mexicano	El Biofiltro no practico en su ubicación	X
IX	Español	Por el origen y el no conocer su costo	X
X	Mexicano	El sistema de tren de filtros complejo en construcción y mantenimiento	X
XI	Mexicano	filtro de hojas no propio en el caso de estudio	X

Después del Análisis de cada uno de los modelos de Ecotecnias se acepta el Modelo VI llamado BOJALAIL.



## Dimensionado del depósito

El volumen de la cisterna depende de 3 factores:

- Superficie de captación de agua pluvial del sistema.
- Precipitación media de la zona donde se ubicara el sistema.
- Demanda instalada del sistema (aparatos conectados al sistema de agua de lluvia del edificio).

Formulas aplicadas.

Teniendo en cuenta el abastecimiento y la demanda permite calcular las dimensiones más apropiadas para el depósito:

Abastecimiento.

El cálculo del abastecimiento se realiza según la siguiente fórmula:

$$A_i = (P_{pi} \times C_e \times S_c) / 1000$$

Siendo:

$A_i$  = abastecimiento del mes  $i$ , en  $m^3$

$P_{pi}$  = precipitación promedio del mes  $i$

$C_e$  = coeficiente de escorrentía

$S_c$  = superficie de captación (en proyección horizontal).

Demanda:

La fórmula de la demanda es la siguiente:

$$D_i = (N_u \times N_{di} \times D) / 1000$$

Siendo:

$D_i$  = demanda del mes  $i$ , en  $m^3$ .

$N_u$  = nº de usuarios del sistema

$N_{di}$  = nº de días del mes  $i$

$D$  = dotación en  $l/día$

El número de usuarios del sistema se propone de 4.

El número de días del año es variable por ejemplo Enero tiene 31 días, Febrero 28.



## EJEMPLO.

Determinar el volumen del tanque de almacenamiento para una vivienda, con un área de techo de 75 m<sup>2</sup> y en la que habita una familia de cuatro personas, en la ciudad de Pachuca, Hgo.

Localidad:	Pachuca Hgo.
Material de techo:	Concreto
Área de captación en techumbre:	75 m <sup>2</sup>
Coefficiente de esorrentía:	0.70
Precipitación media anual al año	2011
Número de usuarios del sistema:	4
Dotación en l/día-hab.	60

La precipitación promedio del mes (i) se considera de acuerdo a la tabla siguiente, tomada del S.M.N (Servicio Meteorológico Nacional). Datos al año, 2011, se hace la observación que es conveniente tener datos de los 10 años anteriores, en este caso no es así, por encontrarse datos al año 2011.

Parámetros climáticos promedio de Pachuca													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	10	5	13	40	39	51	103	100	55	40	12	10	513
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (México).14													

*Tabla 37 Parámetros climáticos promedio de Pachuca*



La precipitación media (mm) del año 2011, en los diferentes Localidades de la República Mexicana, buscarlas en Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua.

MES	NUMERO	PRECIP.	ABASTECIMIENTO		DEMANDA		DIF.	SIGNO
	DIAS	MEDIA	OFERTA		M3		M3	
	MES	mm/m2	M3				CAPACIDAD	
							ALMACENAJE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada		
ENE	31	10	0.53	0.53	0	0	0.53	-
FEB	28	5	0.26	0.79	0	0	0.26	-
MAR	31	13	0.68	1.47	0	0	0.68	-
ABR	30	40	2.10	3.57	0	0	2.10	-
MAY	31	39	2.05	5.62	0	0	2.05	-
JUN	30	51	2.68	8.30	0	0	2.68	-
JUL	31	103	5.41	13.70	0	0	5.41	-
AGO	30	100	5.25	18.95	0	0	5.25	-
SEP	30	55	2.89	21.84	0	0	2.89	-



OCT	31	40	2.89	24.73	0	0	2.89	-
NOV	30	12	0.63	25.36	0	0	0.63	-
DIC	31	10	0.53	25.88	0	0	0.53	-

*TABLA 38 Cálculos de dotación de agua y volumen del tanque de almacenamiento*



**Columna 4** Considerando el área de 75 m<sup>2</sup> y un coeficiente de escurrimiento de 0.70 obtenemos el abastecimiento del mes en m<sup>3</sup>.

**Columna 5** Se expresa la sumatoria mes con mes en todo el año

**Columna 6** Considerando el número de usuarios del sistema 4 usuarios y el número de días al mes es variable. Ejemplo Enero 31 días, Febrero 28. Obtenemos la demanda en m<sup>3</sup>.

**Columna 7** Se observa la sumatoria mes con mes en todo el año

**Columna 8** Se calcula la diferencia entre el abastecimiento columna 4 y la demanda columna 6.

**Columna 9** Indicador signo (-) la demanda es mayor que la oferta, signo (+) la oferta es mayor que la demanda.

Los meses con mayor demanda son de Abril a Octubre, sumando la oferta en estos meses, columna 4 tenemos 23.27 m<sup>3</sup> y en los meses de octubre a diciembre, columna 6 se obtiene una demanda de 22.08 m<sup>3</sup>.

Propuestas de resultados de cálculo, consideramos 3.

Propuesta I Eliminar la posibilidad de la implementación de la ecotecnia, esto debido a que la demanda de los habitantes es mayor que la oferta pluvial, en el momento que en la columna 9 aparecen los resultados con signo negativo.



Propuesta II Considerar los meses con mayor demanda que es de Abril a Octubre, columna 4. Tenemos una oferta 23.27 m<sup>3</sup>, volumen que podemos mitigar en los meses de octubre a diciembre, columna 6 obtenemos una demanda de 22.08 m<sup>3</sup>.

Conclusión. Podemos abastecer la demanda de agua pluvial de los meses de octubre y diciembre, con la oferta ofrecida en los meses de abril a octubre, con un volumen de 23.08 m<sup>3</sup>

El volumen de la cisterna se propone con dimensiones con el volumen aproximado de 3.0 m x 3.0 m x 2.6 m =23.40 m<sup>3</sup>.

Propuesta III Tomar en cuenta las dimensiones del tanque de almacenamiento  
¿Es posible instalarlo dentro del predio?

Para realizar los cálculos anteriores en cualquier Estado de la República Mexicana se incluye un simulador en el Anexo I.



## *Mantenimiento y control del sistema*

Es necesario mantener la calidad del agua de la cisterna a través de su vigilancia y en función del uso final que se le dará y de las características de la propia instalación.

Se realizará un mantenimiento periódico de todo el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial (mínimo una vez al año) siendo los puntos claves los siguientes:

1. Captación. Revisión de cubiertas, canaletas y bajantes (estado de conservación y evitar posibles obturaciones y suciedad).
2. Revisión periódica del estado de conservación y limpieza del equipo
3. Descartar las primeras aguas, en caso de que se disponga.
4. Filtración. Revisar y limpiar periódicamente el dispositivo filtrante.
5. Almacenamiento. Revisión de la cisterna y sus equipos (en especial rebosadero y pichancha) para verificar necesidades de limpieza y estado de conservación.
6. Equipos del sistema de distribución.
7. En caso de detectar malos olores se recomienda una limpieza o desinfección y el origen del problema y las acciones correctivas para evitar que se reproduzcan.
8. Mantén muy limpio el techo.
9. Usa el desvío al drenaje para tirar las primeras 3 o 4 lluvias de la temporada.
10. Mantén limpio el filtro de hojas.
11. Drena el interceptor de primeras lluvias al menos cada tres días, y límpialo por dentro cada mes durante la época de lluvias.
12. Clora el agua en la cisterna y lava la cisterna cada año.
13. Reemplaza los cartuchos de los filtros después de 6 meses de uso



## IV.II Costo beneficio

Una vez valorados los costos de la instalación (ver Anexo IX ), que es de \$34,162.11. Y Teniendo en cuenta el precio actual del m3 de agua potable de red, \$ 5.61.

Para realizar el cálculo del ahorro que significa el uso de aguas pluviales, mostrado en la siguiente tabla.

MES	OFERTA M3		DEMANDA
ENE	0.91		7.44
FEB	0.76		6.72
MAR	0.94		7.44
ABR	1.75		7.2
MAY	2.91		7.44
JUN	5.39		7.2
JUL	5.07		7.44
AGO	4.68		7.2
SEP	6.76		7.2
OCT	6.76		7.44
NOV	1.57		7.2
DIC	0.95		7.44
Total meses Jun- Oct	28.66		
Total Ene-May Nov-Dic	9.79		
Total. <b>Oferta</b> Anual	38.65	Total. <b>Demanda</b> meses Ene, Feb, Nov-Dic	36.24

Considerando los meses con mayor **oferta** son de Junio a Octubre, *columna 4*. Tabla 1 Tenemos una oferta 28.66 m3, volumen que podemos mitigar en los meses de octubre a diciembre, y parte del mes de Enero *columna 6*, obtenemos una **demanda** de 29.52 m3. Obteniendo un ahorro de 28.66 m3. Si esta propuesta adicionamos la oferta de los meses restante, Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Noviembre y Diciembre, obtenemos una **oferta** de 9.79 m3. Sumando la oferta de todo el año 38.45 m3.



	Oferta agua lluvia al año	Costo agua potable	Ahorro de agua potable
Agua de lluvia	38.65 m3	\$ 5.61.	\$ 216.82

Inversión creación de Ecotecnia.	Ahorro de agua potable	Número de años (Recuperación inversión)
\$34,162.11.	\$ 215.70	158.89

Desde el punto de vista económico la instalación de un sistema de captación de aguas pluviales no debe de ser valorada exclusivamente por este factor . Las razones que han de llevar a los colonos a beneficiarse con esta ecotecnia. Tienen más que ver con el aprovechamiento de un recurso disponible y valioso que con la viabilidad económica.

Según el Instituto Nacional de Meteorología, la tendencia en los próximos años apunta a un descenso de la pluviosidad media anual y a un aumento de los episodios de lluvias torrenciales, lo que en la práctica significará menos recursos hídricos.

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia podrían ayudar a mitigar los previsible problemas. Consideramos que los criterios de sostenibilidad y ahorro de recursos han de estar por encima de los económicos, y la viabilidad de este tipo de Ecotecnia.



#### IV.III Conclusiones y recomendaciones

Las siguientes conclusiones y recomendaciones están con base a los resultados obtenidos en la Guía- simulador.

La información recolectada de precipitación para la localidad de Pachuca. Hidalgo, fue obtenida del Sistema Meteorológico Nacional México. Los datos analizados corresponden al año del 2011, es recomendable un periodo mínimo de 10 años, según *el CEPIS (Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente)*, para realizar el diseño. Adicionalmente para el periodo mencionado se presentaron fenómenos del Niño y La Niña, los cuales se resumen en la Tabla 35.

*Tabla 35 Fenómeno El Niño y la Niña entre 1998 y 2008*

FENÓMENO	INICIA	FINALIZA
El Niño	Enero 1998	Junio 1998
La Niña	Junio 1998	Marzo 2001
El Niño	Mayo 2004	Marzo 2005
El Niño	Julio 2006	Febrero 2007
La Niña	Agosto 2007	Junio 2008

*Fuente: Elaboración propia a partir de datos del National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA[9].*

#### Precipitación promedio mensual (Ppi)

De acuerdo con la ecuación 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m<sup>2</sup> de área. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 36.

Los valores de la precipitación media mensual en la zona a evaluar son los siguientes.

*Tabla 36. Precipitación pluvial en el año 2011*

Parámetros PACHUCA													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	10	5	13	40	39	51	103	100	55	40	12	10	513

*Fuente: Elaboración propia según datos pluviométricos del Servicio Meteorológico Nacional México 2011.*

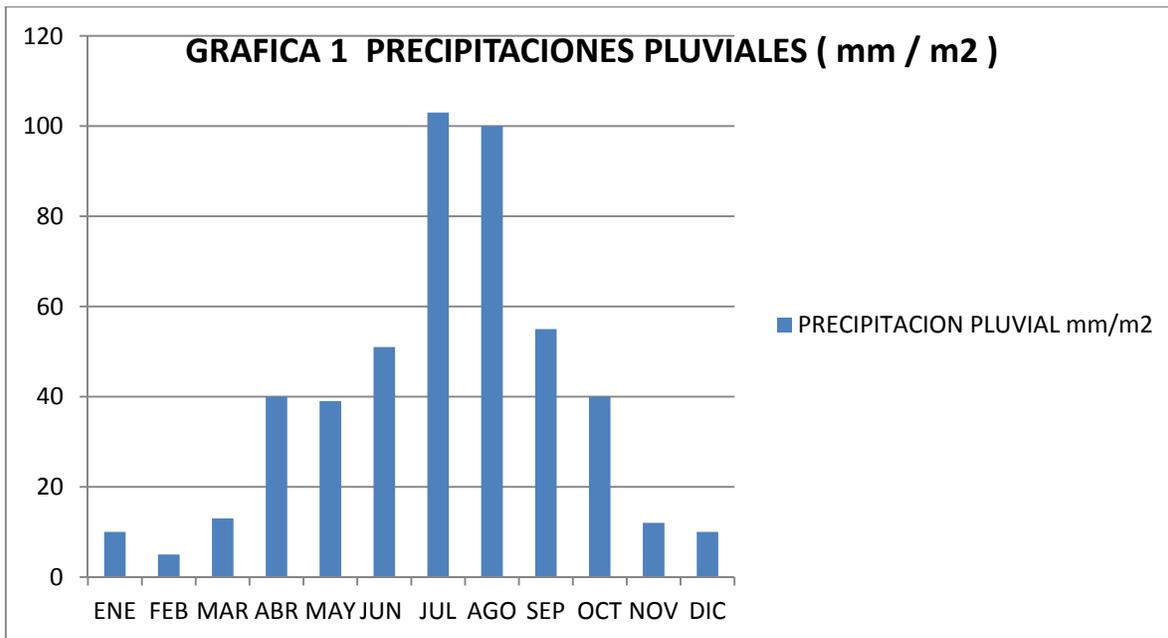


Con los resultados obtenidos en la Metodología, se demuestran 2 propuestas.

1. Debido a la mala disponibilidad de aguas de lluvia presente en la localidad de Pachuca, la poca área de captación y el espacio disponible para realizar el proyecto, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

De la precipitación promedio de la zona para el año 2011. Tabla 36.

La grafica 1 del simulador muestra Los datos analizados que en promedio, el mes más lluvioso del año es julio , con valores superiores a los 103 mm al mes y que el mes más seco es febrero.



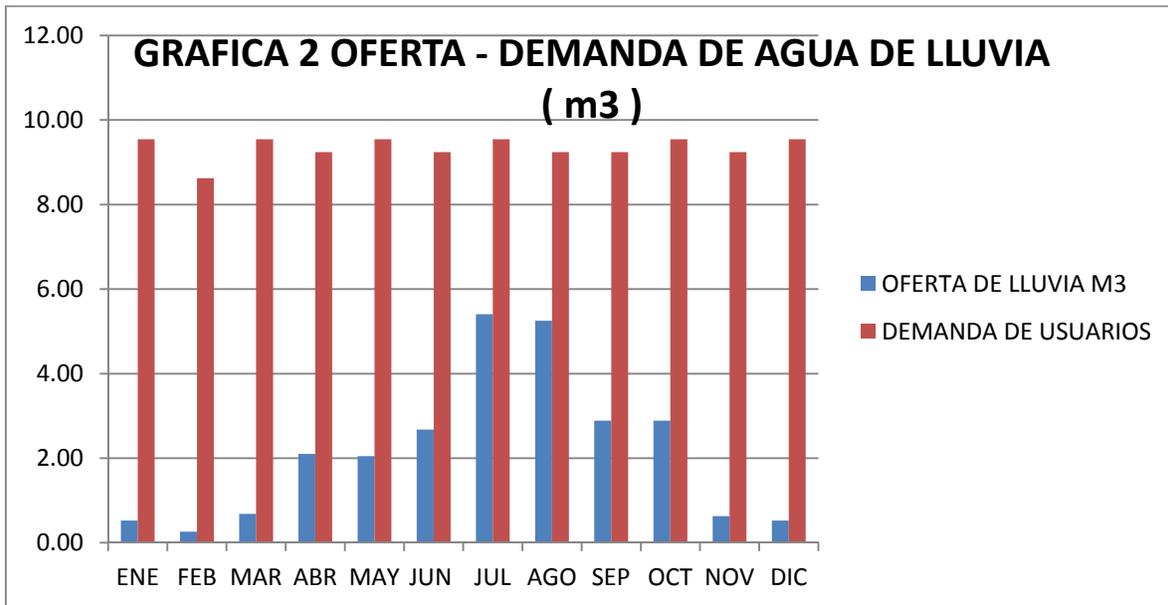
*Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 1 del simulador.*

Para la determinación de los parámetros mencionados en el marco teórico, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia según la metodología del Modelo V *UNATSABAR (2001)*. Se debe distribuir la precipitación ubicando en la fila superior el mes de mayor lluvia durante el año evaluado y se continua con el orden regular de los meses siguientes.



La oferta de agua lluvia se calculó teniendo como base un área de captación de 45.20 m<sup>2</sup>, de la casa en estudio.

Las áreas de los techos a captar, son mostradas en el plano Anexo IV, la diferencia entre los valores acumulados de la columna 4 menos la columna 6, arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes a evaluar, al obtener signos negativos significa que la demanda de agua pluvial es mayor que la oferta de agua de lluvia en cada uno de los meses, como lo muestra la gráfica 2 del simulador.



*Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 1 Columnas 4 y 6.*

Por lo tanto, la definición del área de captación es insuficiente en esta propuesta, también, en algunos casos será reducir el uso del agua de lluvia por no tener la calidad adecuada como ejemplo lluvia acida, en el lavado de ropa o la no existencia de jardín, esto arrojaría mejores resultados para determinar el volumen de tanque de almacenamiento, por lo tanto se anularía la propuesta de la ecotecnia, por no tener la oferta deseada.



2. La disponibilidad de aguas de lluvia en el área de estudio en los meses de Abril – Agosto de acuerdo a la tabla 1 del simulador. La sumatoria de estos meses presente en la localidad será de 23.27 m3 y la demanda en los meses de Oct -Dic de 28.33 m3. como lo muestra la siguiente tabla.

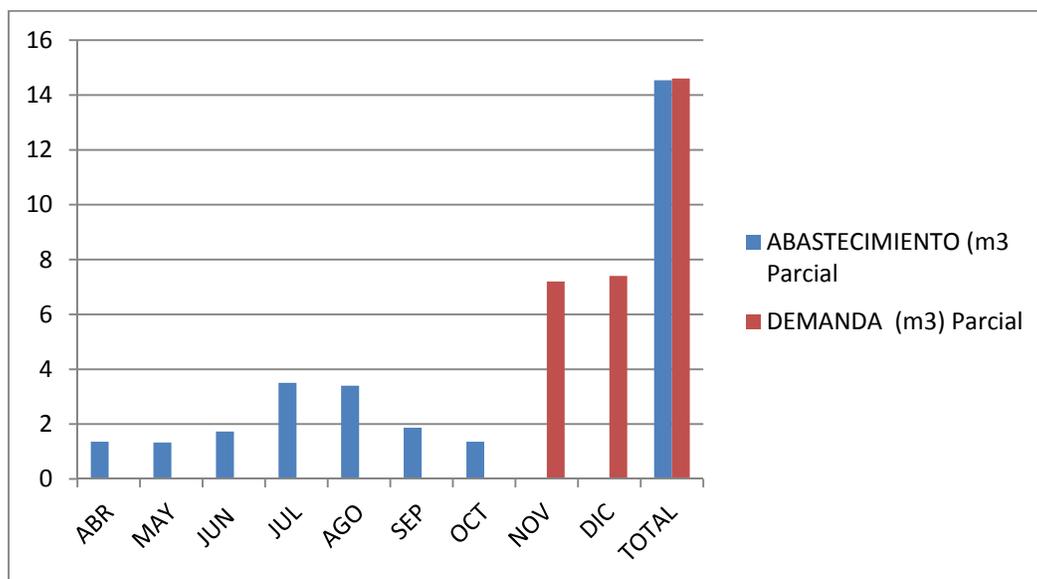
Tabla 1 del simulador. Cálculos de oferta – demanda agua de lluvia y volumen del tanque de almacenamiento.

MES	NUM. DIAS MES	PRECIP. MEDIA mm/m2	ABASTECIMIENTO OFERTA M3		DEMANDA M3		DIFERENCIA M3 CAPACIDAD ALMACENAJE	SIGNO
			4	5	6	7		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada		
ENE	31	10	0.53	0.53	9.548	9.548	-9.02	-
FEB	28	5	0.26	0.79	8.624	18.172	-8.36	-
MAR	31	13	0.68	1.47	9.548	27.72	-8.87	-
ABR	30	40	2.10	3.57	9.24	36.96	-7.14	-
MAY	31	39	2.05	5.62	9.548	46.508	-7.50	-
JUN	30	51	2.68	8.30	9.24	55.748	-6.56	-
JUL	31	103	5.41	13.70	9.548	65.296	-4.14	-
AGO	30	100	5.25	18.95	9.24	74.536	-3.99	-
SEP	30	55	2.89	21.84	9.24	83.776	-6.35	-
OCT	31	40	2.89	24.73	9.548	93.324	-6.66	-
NOV	30	12	0.63	25.36	9.24	102.564	-8.61	-
DIC	31	10	0.53	25.88	9.548	112.112	-9.02	-

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 1 del Simulador.



Gráfica 2. Obtenida del simulador. Potencial de Ahorro de Agua Potable, en los meses analizados.



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 1 Columnas 4 y 6.

La Grafica 2 muestra los diferentes volúmenes para cada mes. Los colores azules son los volúmenes de la captación (Oferta en los meses de Abril a Octubre), el color rojo es el volumen de la demanda en los meses de Noviembre y diciembre. En las barras totales muestra el volumen de la oferta semejante a la demanda en los meses analizados. Esos volúmenes indicarían el tamaño del tanque de almacenamiento de agua de lluvia, la cual sustituiría al agua potable en los meses de noviembre y diciembre.

Tabla 37. Oferta-Demanda.

Oferta lluvia meses Abril - Agosto	Demanda meses Octubre - Diciembre
23.27 m3	28.33 m3

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 1 Columnas 4 y 6.

Los datos obtenidos en la tabla 37 y analizando la gráfica 2 de esta página, se propone un tanque de almacenamiento con la capacidad de 15 m3, necesario para abastecer a la vivienda en los meses de Octubre a Diciembre, siempre y cuando las condiciones hidrológicas continúen similares a las descritas en la Tabla 37, en donde se observa que en la mayoría de los años se presenta fenómeno de pocas lluvias (El Niño), pero en caso



de haber una mayor precipitación debida al fenómeno de La Niña, estos volúmenes podrían recolectarse sin necesidad de cubrir la demanda faltante con agua potable.

Considerando los resultados obtenidos en las encuestas a los colonos del área de estudio (Anexo II), la ecotecnia es aceptable a implementarse de acuerdo a los siguientes resultados.

Pregunta	Resultados
1, 2	Acerca de la existencia de cisterna tanto potable como pluvial, el propósito de la pregunta es saber si existen dichas cisternas y la ubicación física, para determinar la ubicación de la propuesta en estudio. La respuesta fue que no existe ninguna de ellas, se observa un fraccionamiento de nueva creación, razón por la cual aún no cuenta con cisterna de agua potable.
3	El 52% de las personas que habitan en estas casas tienen ingresos mayores a \$15,000, estos resultados indican la posibilidad de construir esta tecnología en sus casas.
4	Existe un total desconocimiento del término sustentabilidad, no existe conciencia ambiental por resolver la problemática del agua en nuestra ciudad, se necesita una concientización sobre la cultura del ahorro del agua potable.
5	Se determina un promedio de 4 habitantes por vivienda, este resultado fue necesario para aplicar una de las variables de cálculo en la fórmula para determinar la demanda de agua de lluvia.
6	El 100% de los encuestados coincide en que algunas veces falta el agua potable en sus casas, esto da pauta para la concientización de las personas, por una parte la racionalización de este hídrico y por otra la aceptación por esta tecnología.
7	Los colonos están conscientes del bajo precio que se tiene en el agua, esta respuesta la considero no favorable debido a que los colonos no tendrían el interés de invertir en esta ecotecnia con el afán del ahorro de agua potable.



8	La mayoría piensa en el ahorro del agua, en la implementación de esta tecnología, no hay interés ambiental por conservar el agua.
9	Es negativa por completo a cerca del conocimiento de las tecnologías aplicadas en su casa habitación, por lo cual es necesario la concientización de los habitantes a cerca de estas.
10 y 11	El 80% sabe en donde podría aplicar el agua pluvial en los diferentes usos, en su casa, esto indica que si tienen la idea para lo cual se podría implementar esta tecnología.

Resultados obtenidos en las encuestas a empresa constructora del área de estudio (Anexo III), la ecotecnia es aceptable a implementarse de acuerdo a los siguientes resultados.

Pregunta	Resultados
1	Considerando la resistencia de terreno tipo 3, el presupuesto para determinar el costo beneficio aumentaría en el procedimiento de excavación para enterrar el tanque cisterna.
2, 3	Saber que el tipo de losa es de concreto armado y conocer que de acuerdo a sus cálculos estructurales de la losa es posible colocar el tanque de distribución en la azotea.
4	Con la respuesta positiva de la pregunta 3 y 4, existe la factibilidad de colocar 2 cisternas una para agua potable y otra para aguas pluviales, pensando en la existencia de ellas.
5	El saber que la tubería de desagüe de aguas pluviales drena hacia el jardín en donde se encuentra una área ideal para la colocación del tanque de almacenamiento, la cual reduciría el costo del presupuesto en cuanto a tuberías.



Pregunta	Resultados
6	Existe una aceptación por parte del desarrollador habitacional, considerando que el Infonavit, tiene una conocida como hipoteca verde. En donde el constructor podría tener interés en implementarla en sus próximos proyectos.
7	La respuesta del constructor confirma la falta de agua en ciertos periodos, la existencia de la tecnología mitigaría parte de la ausencia de este hídrico.
8	El conocer la pendiente de la azotea hacia la bajada de aguas pluviales hace factible, el escurrimiento de estas aguas hacia el tanque de almacenamiento propuesto.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el Simulador se puede decir que el proyecto cumple el objetivo, tomando la segunda propuesta, en general en cuanto a que es técnicamente viable para hacer un uso eficiente del agua de lluvia dentro de las casas de interés social, pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer parcialmente la demanda, para la utilización del tanque de inodoro, lavado de pisos, lavado de coche, riego de jardín y lavado de ropa. Durante los meses de Octubre a Diciembre, siendo necesario suplir el faltante con agua potable. Pero la inversión inicial es muy alta, por lo que no logra ser un sistema de bajo costo, lo que puede volverlo inaccesible si no se cuenta con la adecuada financiación externa para desarrollar el proyecto.

Se debe tener presente que el sistema está diseñado para las condiciones hidrológicas presentada en las Tabla 35, en las cuales se detallan los fenómenos de El Niño y La Niña y las precipitaciones correspondientes al periodo de diseño seleccionado (10 años), por lo tanto, el diseño puede variar si las condiciones no se asemejan a las presentadas anteriormente, y el volumen posible de ser captado puede ser mayor o menor, dependiendo de estos factores.



La información proporcionada por los colonos del área de estudio y la empresa constructora de estas casas (Anexo II, III), la implementación de la ecotecnia es factible. Se recomienda hacer el presupuesto del proyecto para la cuantificación exacta de los componentes del sistema y su ubicación.

Otra propuesta, es realizar un estudio a nivel urbano, creando una red de drenaje de aguas pluviales, en donde la superficies de captación serían los arroyos vehiculares, banquetas, bajadas de aguas pluviales de los edificios, y la recolección a base de bocas de tormenta empezando ahí un tren de filtros hasta el tanque de almacenamiento cuya ubicación se propone en el área de donación del terreno, por ejemplo debajo de un piso de una cancha deportiva o un mercado, posteriormente por medio de un sistema de bombeo se dotara a los edificios. Alcanzando el costo beneficio a corto plazo, así como un ahorro mayor de agua potable, logrando una ecotecnia colectiva.

Parte de la Sustentabilidad Ambiental es reconocer el problema de escases de agua en un futuro dentro de la localidad, identificando la necesidad de este vital líquido para las próximas generaciones, una solución es la creación de la ecotecnia en el aprovechamiento de agua de lluvia para mitigar este impacto. Los diferentes niveles de gobierno deberían estar involucrados desde su promoción, aceptación y gestión con el propósito de amortizar a corto plazo la implementación de esta ecotecnia.

## **Glosario**

**ABASTECIMIENTO.** Acción para proporcionar agua.

**AGUA PLUVIAL.** Agua de lluvia, precipitación natural que ha recorrido una columna atmosférica.

**AGUA POTABLE.** Agua distribuida por una compañía autorizada y que sigue las pautas de calidad de la normativa vigente.

**AGUA SUBTERRÁNEA.** El agua procedente de la lluvia o de ríos y arroyos que se infiltra en la tierra suele formar depósitos naturales de agua.



**AGUA.** Líquido transparente, inodoro e insípido que forma la lluvia, y corre por los ríos y arroyos. También forma con ciertas sales, el contenido de los mares. Es un compuesto de oxígeno e hidrógeno.

**ALJIBE.** Depósito donde se recoge y conserva el agua.

**ALMACENAMIENTO.** Depósito destinado a la acumulación, conservación y abastecimiento del agua de lluvia con fines domésticos Ambiente.

**CANAL.** Cauce artificial por donde se conduce el agua.

**CANALETA.** Elemento de conducción del agua pluvial acumulada de la superficie de captación que posteriormente se dirigirá a través de bajantes hacia el sumidero para ingresar en el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

**CAPTACIÓN.** Superficie destinada a la recolección del agua de lluvia para un fin beneficioso.

**CAUDAL** Curso de agua o cantidad de agua que pasa por un lugar, conducción, río, arroyo, etc. en un tiempo determinado.

**CISTERNAS O DEPÓSITOS DE ACUMULACIÓN.** Recipientes de acumulación de agua pluvial.

**COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.** Relación entre el índice de escorrentía o de circulación superficial de agua y la pluviometría por unidad de tiempo. La circulación superficial, cuando existe precipitación de debe a una superficie impermeable o un suelo saturado de agua.

**CONEXIÓN CRUZADA.** Conexión hidráulica física entre dos sistemas separados que puede acarrear contaminación entre ambos.



**CONTAMINACIÓN.** Introducción en el agua, de modo artificial, de sustancias que la alteran, provocando efectos adversos para el ser humano, los seres vivos y el medio ambiente.

**DECANTACIÓN.** Acción y efecto en el que se hace circular al agua por un recipiente a baja velocidad, para que las partículas contenidas en ella se depositen por acción de la gravedad en el fondo, con el fin de que éstas puedan ser extraídas del agua.

**DEFLECTOR.** Aparato instalado en la alimentación de la cisterna que minimiza la turbulencia y reduce la velocidad de entrada del agua en ella. Con el objetivo de evitar lo máximo posible la suspensión de sólidos decantados en la cisterna.

**DEPÓSITO.** Recipiente en el que se almacena agua u otra sustancia.

**DESAGÜE.** Acción y efecto de extraer o hacer salir al agua de un lugar.

**DISPOSITIVO DE DESCARTE DE PRIMERAS AGUAS.** Elemento automático o manual que evita el ingreso al sistema de las primeras aguas de lavado de la superficie de captación.

**DISTRIBUCIÓN.** Conducir el agua hacia un destino, por ejemplo hacia los hogares.

**ECOSISTEMA** Sistema funcional formado por un ambiente físico (biotopo) y la comunidad de seres vivos que lo ocupan (biocenosis).

**EFICIENCIA DE LOS FILTROS.** Proporción entre el agua que entra en el filtro y la cantidad de agua suministrada para su utilización.

**GÁRGOLA.** Conducto por donde se vierte el agua de los techos o de las fuentes.



**GRADO DE FILTRACIÓN.** El tamaño mínimo de las partículas rechazadas por el filtro.

**GRANIZO.** Agua congelada que cae de las nubes en forma de bolas de hielo de diferentes Tamaños.

**INTERCEPTOR.** Dispositivo dirigido a captar las primeras agua de lluvia correspondiente al lavado del área de captación y que pueden contener impurezas de diversos orígenes.

**MECANISMO DE PREVENCIÓN DE FLUJO INVERSO.** Previene la contaminación del agua potable por medio de un reflujo desde un sistema de agua no potable.

**PERIODO DE RETORNO.** Periodo de tiempo medio en el que se iguala o excede la intensidad de precipitación para una unidad de tiempo determinado.

**PERMEABLE.** Que puede ser penetrado por el agua u otro fluido.

**PLUVIOMETRÍA.** Cantidad total de precipitación anual por unidad de superficie, comúnmente metro cuadrado.

**PLUVIÓMETRO.** Aparato para medir la lluvia que cae en un lugar en un tiempo determinado.

**PLUVIOSIDAD.** Cantidad de precipitaciones que caen en un lugar en un tiempo determinado

**POTABILIZACIÓN.** Proceso por el cual el agua se convierte en apta para el consumo humano.

**POTABLE.** Que se puede beber



**RECOLECCIÓN.** Conjunto de canaletas situadas en las partes más bajas del área de captación con el objeto de recolectar el agua de lluvia y de conducirla hacia el interceptor.

**REUTILIZAR.** Usar de nuevo el agua que ya hemos empleado para otro fin.

**SANEAMIENTO.** Acción y efecto de sanear. Conjunto de técnicas y elementos destinados a fomentar las condiciones higiénicas en un edificio, de una comunidad, etc.

**SISTEMA DE DRENAJE.** Conjunto de equipos y elementos de fontanería que permiten la conducción de las aguas acumuladas en las cotas más bajas de una superficie de captación hacia un punto común de captación.

**SOSTENIBILIDAD.** Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

**SUMERGIR.** Meter una cosa debajo del agua o de otro líquido.

**SUMIDERO.** Elemento físico superficial y conducto por donde entra el agua a un sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

**SUMINISTRO.** Punto de demanda del sistema.

**SUPERFICIE DE CAPTACIÓN.** Superficie en la cual se recoge agua pluvial para ser utilizada en un sistema de reutilización de agua pluvial.

**TEJADOS INACCESIBLES.** Cubierta de un edificio no accesible al público, a la excepción de las operaciones de mantenimiento.

**TUBERÍA.** Conducto formado por tubos para el paso de líquidos o gases.



**UNIDAD DE CONTROL.** Unidad que controla y/o monitoriza el sistema de reaprovechamiento de agua pluvial y facilita una operación eficiente.

**UNIDADES DE MEDIDA.**

1 Hm<sup>3</sup> equivale a un millón de m<sup>3</sup>.

1 Km<sup>3</sup> equivale a mil millones de m<sup>3</sup>, o

1 l/m<sup>2</sup> equivale a 1 mm de altura de lluvia.

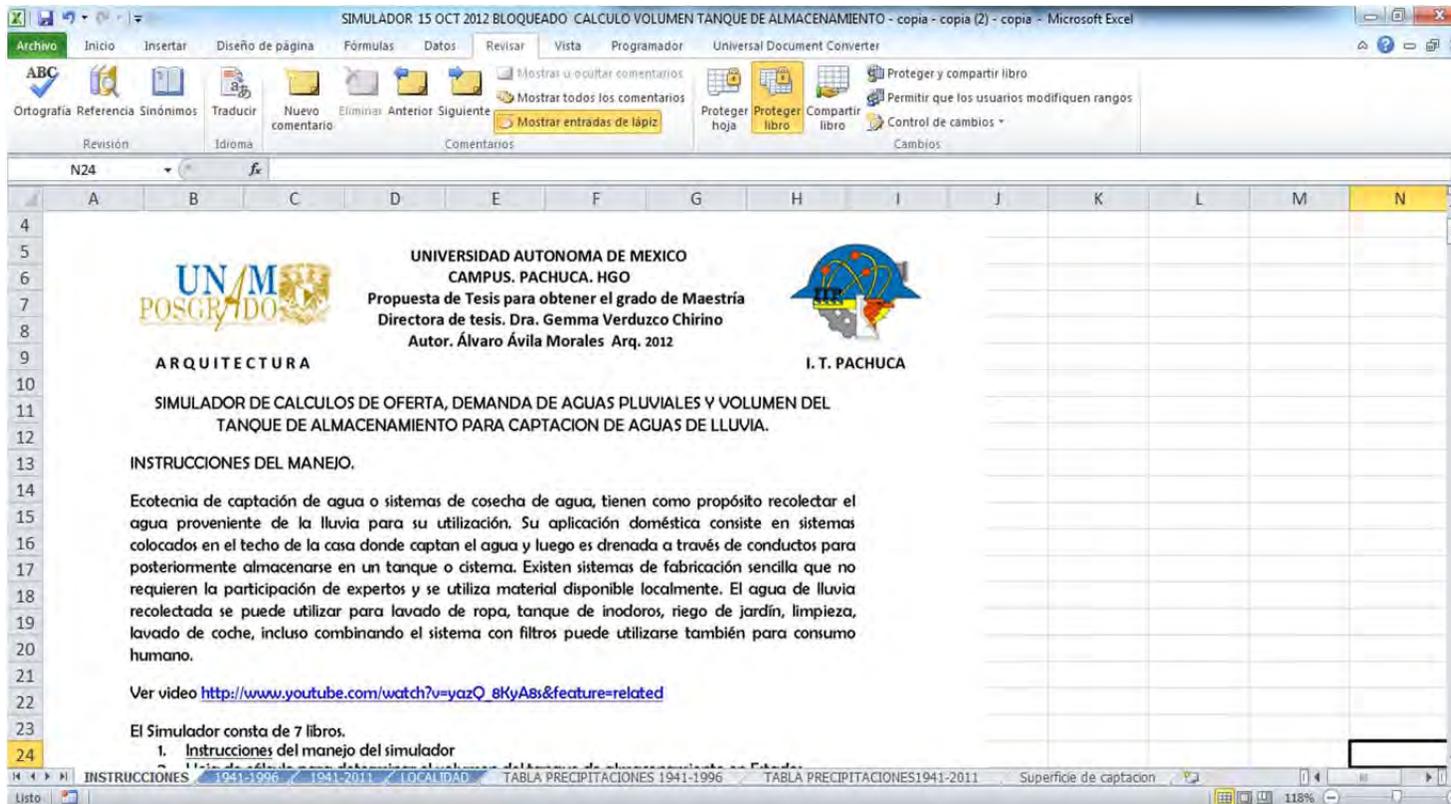
lo que es lo mismo, 1.000 Hm<sup>3</sup>.

**USOS DEL AGUA.** Acción y efecto de usar el agua. Empleo habitual y continuado del agua.



## Anexo I Libro de simuladores (Excel 2010 – en adelante). Cálculos oferta, demanda y del volumen del tanque de almacenamiento.

### LIBRO 1 Instrucciones del manejo del simulador.





LIBRO 3 Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Estados de la Republica. Periodo 1941-2011.

SIMULADOR 15 OCT 2012 BLOQUEADO CALCULO VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO - copia - copia (2) - copia - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Universal Document Converter

Ortografía Referencia Sinónimos Traducir Nuevo comentario Eliminar Anterior Siguiente Comentarios

Mostrar u ocultar comentarios Mostrar todos los comentarios Mostrar entradas de lápiz

Desproteger hoja Proteger libro Compartir libro Control de cambios +

Revisión Idioma Cambios

A22 180

Periodo 1941-2011

UNAM POSGRADO

**VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

**ESTADO HIDALGO**

**Tipo de superficie**  
7

**Area**  
100

**Coefficiente escorrient (C)**  
0.55

**Numero de usuarios**  
4

**Dotacion l/dia-hab**  
60

**Tabla**

MES	DIA	PRECIP. MEDIA	ABASTECIMIENTO		DEMANDA		DIFERENCIA	SIGNO
			PRECIP. (mm)	PRECIP. (mm)	PRECIP. (mm)	PRECIP. (mm)		
ENE	01	52.1	5.28	5.28	7.44	2.44	-2.24	-1
FEB	02	45.1	6.31	6.31	8.22	16.45	-1.81	-1
MAR	03	22.5	2.27	8.38	2.94	24.1	5.37	-1
ABR	04	25.2	2.33	15.57	7.2	28.8	-4.31	-1
MAY	05	28.3	2.33	15.28	7.43	32.21	-4.51	-1
JUN	06	87.2	8.33	22.15	7.2	45.44	1.48	1
JUL	07	112.5	18.21	22.74	7.44	58.81	6.87	1
AGO	08	106.6	18.21	22.74	7.44	58.81	12.11	1
SEP	09	4	1.42	22.24	7.44	32.21	-2.21	-1
OCT	10	11	1.42	22.24	7.44	22.21	-2.41	-1
NOV	11	8	1.42	15.24	7.2	25.21	-2.21	-1
DIC	12	8	1.42	15.24	7.44	17.21	-2.41	-1

**USO**

USO	CAPACIDAD (LITROS)	CAPACIDAD (LITROS)
TANQUE RECTO	45	46
LAVADO DE ROPA	11	17
RIEGO DE JARDIN	11	11
IMPRESION LAVADO COCHE	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>77</b>

**VOLUMEN TANQUE**  
12.14

**GRAFICA 1 PRECIPITACION PLUVIAL (mm/h)**

**GRAFICA 2 OFERTA-DEMANDA DE LLUVIA (mm)**

INSTRUCCIONES 1941-1996 1941-2011 LOCALIDAD TABLA PRECIPITACIONES 1941-1996 TABLA PRECIPITACIONES 1941-2011 Superficie de captacion

Listo 32%



**LIBRO 4** Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Localidades de la Republica.

Nota. Para realizar este tipo de cálculo la información de precipitación pluvial de los meses en un año se introducirá de forma manual y el resto de cálculos lo hará el simulador. <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua.

**VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

**TABLA**

MESES	DIAS	RECOP. MEDIA	ADJUSTECIMIENTO	DEMANDA	DEF. MED	DEF. SICO
MESES	MESES	mm/dia	mm	mm	mm	mm
1	2	1	4	5	7	9
ENE	31	18	8.35	8.35	7.44	0.91
FEB	28	5	0.26	0.26	0.22	0.04
MAR	31	10	0.34	0.47	2.41	2.07
ABR	30	10	2.50	5.25	7.75	5.25
MAY	31	33	0.85	5.43	7.44	2.01
JUN	30	51	2.48	8.38	7.2	1.18
JUL	31	103	3.43	10.70	7.41	3.29
AGO	31	104	0.20	10.50	7.2	3.30
SEP	30	55	1.07	14.40	7.2	7.13
OCT	31	100	2.40	17.40	7.27	10.13
NOV	30	42	0.40	21.50	7.27	14.23
DIC	31	18	0.30	24.90	7.31	17.59

**USO**

USO	REQUERIMIENTO (litros)	CANTIDAD ATENDIDA (litros)
TANQUE RETENEDOR	46	46
LAVADO DE BARRIO	0	17
REGO DE BARRIO	11	11
LIMPIEZA, LAVADO COCHES	3	3
<b>TOTAL</b>	<b>60</b>	<b>77</b>

**TABLA 2**

Parámetros PACHUCA

Parámetro	Min	Max	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
Precipitación	18	104	18	10	10	10	33	103	104	55	100	42	18	18	54.9

**VOLUMEN TANQUE**  
-195

**GRAFICA 1: PRECIPITACIONES PLUVIALES (mm/dia)**

**GRAFICA 2: DEMANDA - DEMANDA DE AGUA DE LUBRICA (mm)**



LIBRO 5 Tabla de precipitaciones pluviales de los Estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional  
<http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Periodo 1941 – 1996.

Estado	Precipitación Media (mm)												Precipitación anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
<b>Nacional</b>	27.3	18.2	15.2	19.2	40.8	104.6	140.4	136.1	142	72.5	-11	30	777.4



LIBRO 6 Tabla de precipitaciones pluviales de los Estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/Conagua>. Periodo1941 –2011.

SIMULADOR 10 OCT 2012 BLOQUEADO CALCULO VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO - copia - copia - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Universal Document Converter

A16 HIDALGO

Lamina de lluvia media mensual. Precipitación Media (mm) (Periodo 1941 - 2011) <http://smn.cna.gob.mx/>

Estado	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Precipitación pluvial Anual
AGUASCALIENTES	11.0	51.9	1.1	0.0	5.4	50.0	144.5	89.4					
BAJA CALIFORNIA	4.0	27.5	37.2	37.6	0.0	10.1	4.3	7.8					
BAJA CALIFORNIA SUR	0.0	9.4	1.4	0.2	0.1	10.0	2.3	104.6					
CAMPECHE	24.0	22.7	29.8	28.2	106.4	268.8	176.2	199.8					
COAHUILA	7.2	19.3	24.3	19.2	53.8	113.5	47.7	39.1					
COLIMA	0.0	76.1	0.0	0.1	39.3	255.2	118.7	205.0					
CHIAPAS	53.3	38.6	58.2	57.8	181.1	264.0	211.8	418.2					
CHIHUAHUA	2.5	7.4	8.1	6.7	5.4	12.2	133.7	120.8					
DISTRITO FEDERAL	6.9	28.2	26.5	15.1	16.3	96.0	160.5	108.4					
DURANGO	2.4	9.6	0.3	4.4	7.8	17.1	134.5	97.0					
GUANAJUATO	6.4	59.5	7.1	1.7	12.4	85.8	190.5	99.7					
GUERRERO	2.3	6.1	2.5	4.9	38.4	217.1	150.9	243.9					
HIDALGO	12.1	49.6	22.9	23.2	28.6	87.7	116.3	195.4					
JALISCO	0.6	63.7	8.6	0.1	9.2	123.8	202.2	158.7					
MEXICO	3.3	33.6	14.4	9.0	20.1	130.1	180.7	131.0					
MICHOACAN	1.9	59.5	10.6	0.9	20.3	142.6	186.0	192.5					
MORELOS	3.1	20.1	3.4	6.4	50.6	159.3	225.4	207.5					
NAYARIT	0.5	30.3	0.0	0.2	3.0	208.1	253.8	325.6					
NUEVO LEON	4.9	71.0	24.0	23.4	48.5	59.4	25.2	83.3					
OAXACA	52.4	21.8	22.8	44.0	56.7	349.2	140.0	315.4					
PUEBLA	44.7	57.5	29.3	42.1	60.5	231.1	273.7	333.3					
QUERETARO	6.7	53.8	10.0	4.9	20.4	110.5	138.0	113.8					
QUINTANA ROO	54.8	58.1	25.0	97.1	202.6	215.8	108.1	202.8					
SAN LUIS POTOSI	20.1	48.3	17.3	63.2	59.7	143.1	157.2	195.0					
SINALOA	0.6	5.7	0.1	0.2	0.3	57.5	181.4	239.1					
SONORA	2.9	8.5	3.2	0.5	1.2	20.2	122.7	118.0					
TABASCO	215.9	149.0	35.2	52.2	152.9	270.0	171.8	385.1					
TAMAULIPAS	22.9	79.9	18.9	51.4	46.4	123.6	73.1	86.0					
TLAXCALA	4.2	30.5	27.7	22.4	32.5	202.3	197.1	174.7					
VERACRUZ	87.4	47.3	25.9	59.8	91.8	228.0	205.6	406.9					
YUCATAN	65.8	15.6	6.7	112.4	71.0	188.8	110.7	122.4					
ZACATECAS	6.2	36.2	1.1	1.8	9.1	38.1	126.7	111.2					
NACIONAL	18.6	30.8	14.0	22.1	38.4	104.3	129.6	164.8					

1941-1996 1941-2011 LOCALIDAD TABLA PRECIPITACIONES 1941-1996 TABLA PRECIPITACIONES 1941-2011 Superficie de captacion 70%



LIBRO 7 Tabla Superficies de captación.

SIMULADOR 10 OCT 2012 BLOQUEADO CALCULO VOLUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO - copia - copia

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Universal Document Converter

Cortar Copiar Pegar Copiar formato Fuente Alineación General Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos

B15 Superficies naturales rocosas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	<b>Superficie de captacion</b>							<b>C</b>				
2	1	Tejado duro inclinado						0.85				
3	2	Tejado plano con gravilla						0.60				
4	3	Tejado plano sin gravilla						0.80				
5	4	Superficie empedrada						0.65				
6	5	Revestimiento asfáltico						0.85				
7	6	Concreto						0.70				
8	7	Pavimento						0.55				
9	8	Tejado verde						0.40				
10	9	Geomembrana de PVC						0.85				
11	10	Azulejos, teja de barro						0.85				
12	11	Tejas acanaladas (metálicas)						0.80				
13	12	Techos de paja o guano						0.65				
14	13	Suelo con pendientes menores al 10%						0.15				
15	14	Superficies naturales rocosas						0.35				
16												
17												
18												
19												



## **Anexo II Cuestionario Tipo I. Beneficiarios del sistema captación y reciclaje de agua pluvial**

Objetivo: Investigar si existe la necesidad de implementar una ecotecnia en casas de interés social, considerando la falta de agua, el número de habitantes, así como su nivel económico de los beneficiarios. Conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Cuenta con cisterna de agua potable?  sí  no
2. ¿Cuenta con cisterna de agua pluvial?  sí  no
3. ¿Cuáles son los ingresos mensuales totales de todas las personas que habitan en esta casa?  
 5000-8000  8000-11000  11000-15000  más de 15000
4. ¿Conoce usted el término sustentabilidad?  sí  no
5. ¿Número de personas que habitan?  1  2  3  4  5
6. ¿Cada cuando falta el agua?  Casi siempre  Algunas veces  Casi nunca
7. ¿Cree que el precio del agua es:  Adecuado  Demasiado alto  Demasiado bajo
8. ¿Qué es lo que más le interesa al instalar un sistema de captación de agua de lluvia?  
 Ahorro de agua  Que sea su abastecimiento de agua  Interés ecológico  otro
9. ¿Conoce a más personas interesadas en captar agua de lluvia o que ya lo hacen?  Si  NO
9. ¿Conoce alguna tecnología aplicable a la reutilización de agua de lluvia?  Si  NO
10. ¿Sabe usted cuales usos podría realizar en su hogar con agua no potable?  Si  NO
11. ¿En caso afirmativo, marque las siguientes actividades que se pueden realizar con agua de lluvia?  
 Riego jardín  Lavado automóvil  Limpieza de pisos  Recarga inodoro  Lavado de ropa.

Observaciones \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Responsable. Álvaro Avila Morales. Arq.



## **Anexo III Cuestionario Tipo II. Constructora que realice el desarrollo habitacional**

Objetivo: Investigar si la ecotecnia a implementar tiene el espacio suficiente para la colocación del tanque de almacenamiento y tinaco de distribución, pendiente adecuada para las bajadas de aguas pluviales, así como la resistencia necesaria tanto del terreno, como la losa de azotea para, colocar el tanque y tinaco, propuestos en la ecotecnia. Conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tipo de terreno tiene en donde se desplantaron las casas tipo “Navarra”?

Tipo I                                       Tipo II                                       Tipo III

2. ¿Qué tipo de losa de azotea se utilizó en las casas tipo “Navarra”?

Losa Maciza                                       Losa Vigueta y bovedilla                                       Losa acero

3. ¿La losa de azotea cuenta con la resistencia necesaria para colocar otro tinaco con capacidad de 1100 lts?                                       si                                       no

4. ¿Considera que el terreno tiene la capacidad para soportar el peso de 2 cisternas una para aguas potable con cap. de 15000 lts. Y otra para aguas pluviales con cap. de 15000 lts?

si                                       no

5. De acuerdo a su diseño de instalación sanitaria ¿Cuál es la ubicación de salida de la bajada de aguas pluviales?

Al drenaje sanitario                                       Al patio posterior                                       Al jardín

6. Con la experiencia como Desarrollador Habitacional ¿Considera la implementación de una ecotecnia para la captación y reciclaje de aguas pluviales?

si                                       no

7. En el proceso de construcción ¿Observaron falta de agua en el fraccionamiento?

si                                       no

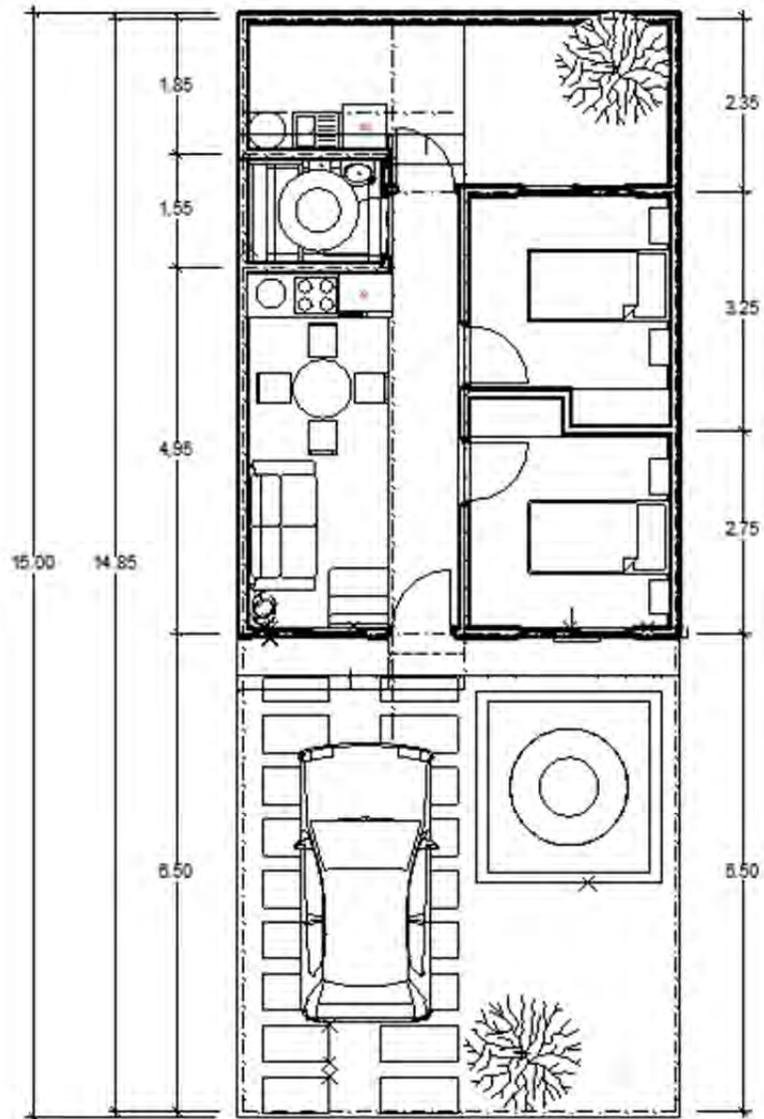
8. ¿Cuál es la pendiente con que cuentan las losa de azotea en las casa tipo Navarra?

2%                                       3% al 5%                                       Más del 5%

Responsable. Álvaro Avila Morales. Arq.



## Anexo IV. Planos arquitectónico caso de estudio



## **Anexo V Instrucciones del manejo de simulador**

### **SIMULADOR DE CALCULOS DE OFERTA, DEMANDA DE AGUAS PLUVIALES Y VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA CAPTACION DE AGUAS DE LLUVIA.**

Ecotecnia de captación de agua o sistemas de cosecha de agua, tienen como propósito recolectar el agua proveniente de la lluvia para su utilización. Su aplicación doméstica consiste en sistemas colocados en el techo de la casa donde captan el agua y luego es drenada a través de conductos para posteriormente almacenarse en un tanque o cisterna. Existen sistemas de fabricación sencilla que no requieren la participación de expertos y se utiliza material disponible localmente. El agua de lluvia recolectada se puede utilizar para lavado de ropa, tanque de inodoros, riego de jardín, limpieza, lavado de coche, incluso combinando el sistema con filtros puede utilizarse también para consumo humano.

Ver video [http://www.youtube.com/watch?v=yazQ\\_8KyA8s&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=yazQ_8KyA8s&feature=related)

El Simulador consta de 7 libros.

1. Instrucciones del manejo del simulador
2. Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Estados De la Republica. Periodo 1941-1966
3. Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Estados De la Republica. Periodo 1941-2011
4. Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Localidades de la Republica. Nota. Para realizar este tipo de cálculo la información de precipitación pluvial de los meses en un año se introducirá de forma manual y el resto De cálculos lo hará el simulador. <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua.
5. Tabla de precipitaciones pluviales de los estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Periodo 1941 – 1996
6. Tabla de precipitaciones pluviales de los estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Periodo 1941 – 2011
7. Tabla Superficies de captación.

**Objetivo.** Calcular el volumen del tanque de almacenamiento, en cualquier Estado o Localidad de la República Mexicana, con el propósito de analizar la posibilidad de implementar la ecotecnia de captación y reciclaje de agua de lluvias, que contribuya a hacer frente a la problemática generada por la escasez de agua en cualquier región de nuestro país.

**Variables a considerar.**

- Precipitación pluvial del Estado o Localidad de la Republica.
- Tipo de superficie de captación, considerando el coeficiente de escorrentía.
- Área de captación.
- Número de usuarios a beneficiarse.



- Dotación lts/día-usuario

Libro 2 Pasos a desarrollar en el simulador:

- a) Seleccionar el Estado de la Republica por analizar.



- b) Determinar el tipo de superficie

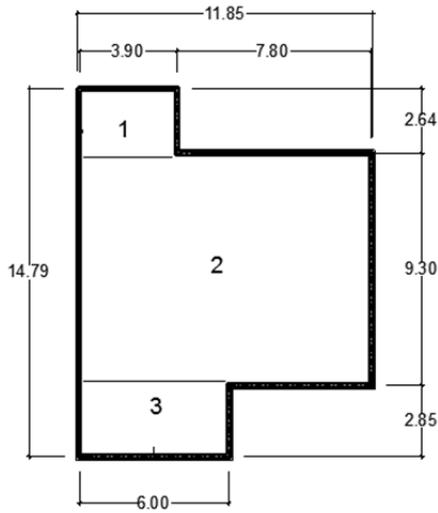


La superficie de captación varía dependiendo del coeficiente de escorrentía  $C$ . Es la relación entre la lluvia escurrida (escorrentía) y la lluvia caída. Mientras mayor sea la escorrentía mayor será  $C$ , por lo tanto su valor depende principalmente de las características del tipo de superficie, está dado por la siguiente tabla.

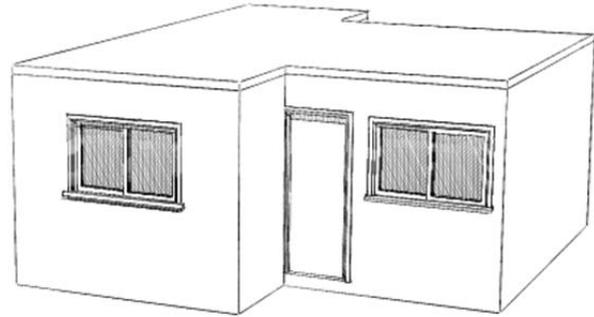
Superficie de captación		$C$
1	Tejado duro inclinado	0.85
2	Tejado plano con gravilla	0.6
3	Tejado plano sin gravilla	0.8
4	Superficie empedrada	0.65
5	Revestimiento asfáltico	0.85
6	Concreto	0.7
7	Pavimento	0.55
8	Tejado verde	0.4
9	Geo membrana de PVC	0.85
10	Azulejos, teja de barro	0.85
11	Tejas acanaladas (metálicas)	0.8
12	Techos de paja o guano	0.65
13	Suelo con pendientes menores al 10%	0.15
14	Superficies naturales rocosas	0.35



c) Medición del área de captación, es la proyección horizontal de la techumbre.



Planta



Perspectiva

Si el área no es cuadrada o rectangular como este caso, se descompone el área en rectángulos según las medidas de la techumbre.

Numero	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	3.9	2.64	10.29
2	11.85	9.3	110.2
3	6	2.85	17.1
<b>TOTAL</b>			<b>137.59</b>

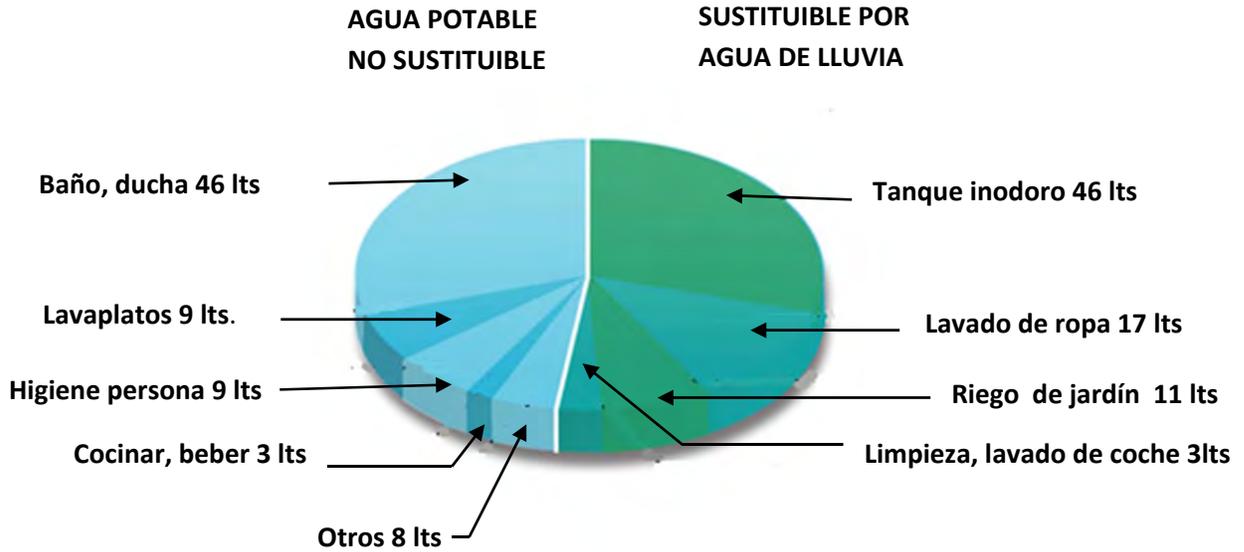
d) Número de usuarios, estará determinado por las personas que habitan en el edificio de forma constante, en el caso de una familia de cuatro integrantes se determina.

**Número de usuarios**

**4**



e) La dotación lts/día-hab. Es la cantidad de agua sustituible por agua de lluvia en los diferentes usos a emplear, como lo muestra la gráfica siguiente.



Gráfica 1. Aprovechamiento de agua de lluvia en una casa. Revista Eroski Consumer (2008)

AGUA SUSTITUIBLE POR LLUVIA (lts)	
USO	CANTIDAD A UTILIZAR (LITROS)
TANQUE RETRETE	46
LAVADO DE ROPA	17
RIEGO DE JARDIN	11
LIMPIEZA, LAVADO COCHE	3
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>

De acuerdo a la tabla anterior, determinar la cantidad de agua sustituible por lluvia, en este apartado se cambia la cantidad de litros por criterio:

- Colocar el número cero en la cantidad de litros para eliminar el uso. Ejemplos; lavado de ropa, por tener menor calidad de lluvia. (Lluvia ácida), [http://www.lareserva.com/home/lluvia\\_acida](http://www.lareserva.com/home/lluvia_acida), o por no tener jardín en el edificio.
- Disminuir la cantidad de litros por uso. Ejemplo; disminuir la cantidad de litros en el uso del retrete por tener menor gasto en este mueble.
- Cuando en el volumen del tanque de almacenamiento aparecen los valores con signo negativo. Ver tabla 1, columna 8, (pág. 7) significa que la demanda por parte de los usuarios es mayor que la oferta de agua de lluvia en la región por analizar, en este caso eliminar alguno de estos usos.



- f) Tabla 1 de cálculos (libro 2) una vez seleccionado el Estado de la Republica por analizar, en automático es llenada la siguiente tabla, denominada Parámetros climáticos promedio.

Parámetros climáticos promedio de HIDALGO													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	21.6	18.1	22.3	41.7	69.4	128.4	120.7	111.5	161	80.5	37.3	22.5	835

- g) Consideraciones en el dimensionado del depósito.

El volumen de tanque de almacenamiento depende de 4 Variables:

- Área de captación de agua pluvial del sistema.
- Coeficiente de escorrentía.
- Precipitación media de la zona donde se ubicara el sistema.
- Dotación instalada del sistema (aparatos conectados al sistema de agua de lluvia del edificio).

Tomando en cuenta la oferta y la demanda, se determina la capacidad del tanque de almacenamiento, calculando las dimensiones más apropiadas para el depósito, de acuerdo al espacio disponible.

- h) Formulas aplicadas en la tabla 1 de cálculos.

El cálculo del abastecimiento se realiza según la fórmula:

$$1) \quad \mathbf{A_i = (P_{pi} \times C_e \times S_c) / 1000}$$

Siendo:

$A_i$  = abastecimiento del mes i, en m<sup>3</sup>

$P_{pi}$  = precipitación promedio del mes i

$C_e$  = coeficiente de escorrentía

$S_c$  = superficie de captación (en proyección horizontal).

La demanda se realiza de acuerdo a la fórmula:

$$2) \quad \mathbf{D_i = (N_u \times N_{di} \times D) / 1000}$$

Siendo:

$D_i$  = demanda del mes i, en m<sup>3</sup>.

$N_u$  = n<sup>o</sup> de usuarios del sistema

$N_{di}$  = n<sup>o</sup> de días del mes i

$D$  = dotación en l/día

El número de usuarios del sistema se propone de 4.

El número de días del año es variable por ejemplo Enero tiene 31 días, Febrero 28.



El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por las siguientes formulas 3 y 4:

$$3) \quad \mathbf{Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}}$$

$$4) \quad \mathbf{Da_i = Da_{(i-1)} + Nu \times Nd_i \times Dd_i}$$

Aa<sub>i</sub>: volumen acumulado al mes “i”.

Da<sub>i</sub>: demanda acumulada al mes “i”.

La diferencia de oferta acumula y demanda acumulada se determina por la fórmula:

$$5) \quad \mathbf{V_i (m^3) = A_i(m^3) - D_i(m^3)}$$

Vi : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

Ai : volumen de agua que se captó en el mes “i”.

Di : volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

i) Ejemplo. Aplicación de fórmulas.

Determinar el volumen del tanque de almacenamiento más económico para una vivienda con techumbre de concreto armado y un área de captación de 65 m<sup>2</sup>, ubicada en el Estado de Hidalgo en la que habita una familia de cuatro personas, considerando un consumo de 60 lts/día-hab

Estado de Republica	Hidalgo
Superficie de captación	Concreto
Área de captación (Techumbre)	65 m <sup>2</sup>
Coefficiente de escorrentía	0.70
Precipitación pluvial	Periodo 1941 – 1996
Número de usuarios del sistema	4
Consumo l/día-hab. 60 l/día-hab (no se toma en cuenta el lavado de ropa menos 17 l/día-hab), de acuerdo a la tabla de usos inciso ( e )	60 l/día-hab (no se toma en cuenta el lavado de ropa, menos 17 l/día-hab), de acuerdo al agua sustituible por lluvia.



TABLA (I) CALCULOS OFERTA, DEMANDA Y VOLUMEN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUAS PLUVIALES.

TABLA (1) CALCULOS OFERTA, DEMANDA Y VOLUMEN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA AGUAS PLUVIALES.								
MES	NUMERO	PRECIP.	ABASTECIMIENTO		DEMANDA		DIF.	SIGNO
	DIAS	MEDIA	OFERTA		M3		M3	
	MES	mm/m2		M3			CAPACIDAD	
							ALMACENAJE	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada		
ENE	31	21.6	0.91	0.91	7.44	7.44	-6.53	-1
FEB	28	18.1	0.76	1.67	6.72	14.16	-5.96	-1
MAR	31	22.3	0.94	2.60	7.44	21.6	-6.50	-1
ABR	30	41.7	1.75	4.36	7.2	28.8	-5.45	-1
MAY	31	69.4	2.91	7.27	7.44	36.24	-4.53	-1
JUN	30	128.4	5.39	12.66	7.2	43.44	-1.81	-1
JUL	31	120.7	5.07	17.73	7.44	50.88	-2.37	-1
AGO	30	111.5	4.68	22.42	7.2	58.08	-2.52	-1
SEP	30	161	6.76	29.18	7.2	65.28	-0.44	-1
OCT	31	80.5	6.76	35.94	7.44	72.72	-0.68	-1
NOV	30	37.3	1.57	37.51	7.2	79.92	-5.63	-1
DIC	31	22.5	0.95	38.45	7.44	87.36	-6.50	-1



Descripción de cálculos y formula aplicadas, en Tabla 1

Procedimiento de cálculos según formulas.

COLUMNA	DESCRIPCION	FORMULA APLICADA
1	MESES DEL AÑO	
2	Número de días de acuerdo al mes i	
3	Precipitación pluvial en cada uno de los meses del año por analizar.	
4	Calculo de abastecimiento en el mes i	1
5	Sumatoria mes a mes en todo el año del abastecimiento.	3
6	Calculo de demanda en el mes i m3	2
7	Sumatoria mes a mes en todo el año de la demanda	4
8	Calculo diferencia entre el abastecimiento columna 4 y la demanda columna 6	5
9	Indicador signo (- 1) la demanda es mayor que la oferta signo (+ 1) la oferta es mayor que la demanda.	

Propuestas de resultados de cálculo podemos considerar 3.

Propuesta I Eliminar la posibilidad de la implementación de la ecotecnia , esto debido a que la demanda de los habitantes es mayor que la oferta pluvial, en el momento que en la columna 9 aparecen los resultados con signo negativo.

Propuesta II Considerar los meses con mayor demanda que es de Junio a Octubre, columna 4. Tenemos una oferta 28.66 m3, volumen que podemos mitigar en los meses de octubre a diciembre, columna 6 obtenemos una demanda de 29.28 m3.

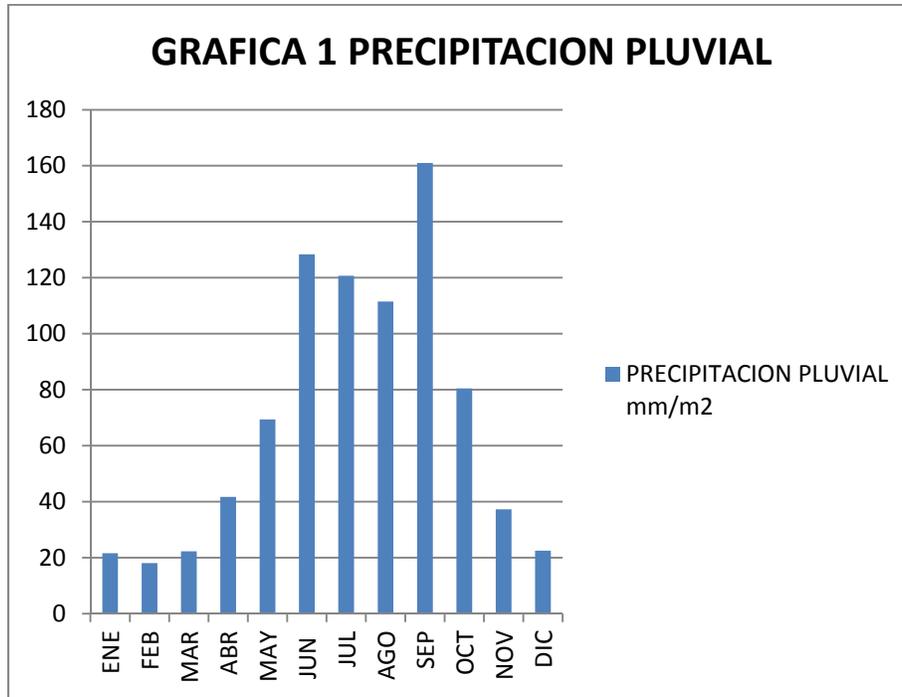
Conclusión. Podemos abastecer la demanda de agua pluvial de los meses de octubre y diciembre, con la oferta ofrecida en los meses de abril a octubre, con un volumen de 29.28 m3

El volumen de la cisterna se propone con dimensiones con el volumen aproximado de 3.4 m x 3.3 m x 2.6 m =29.17 m3.

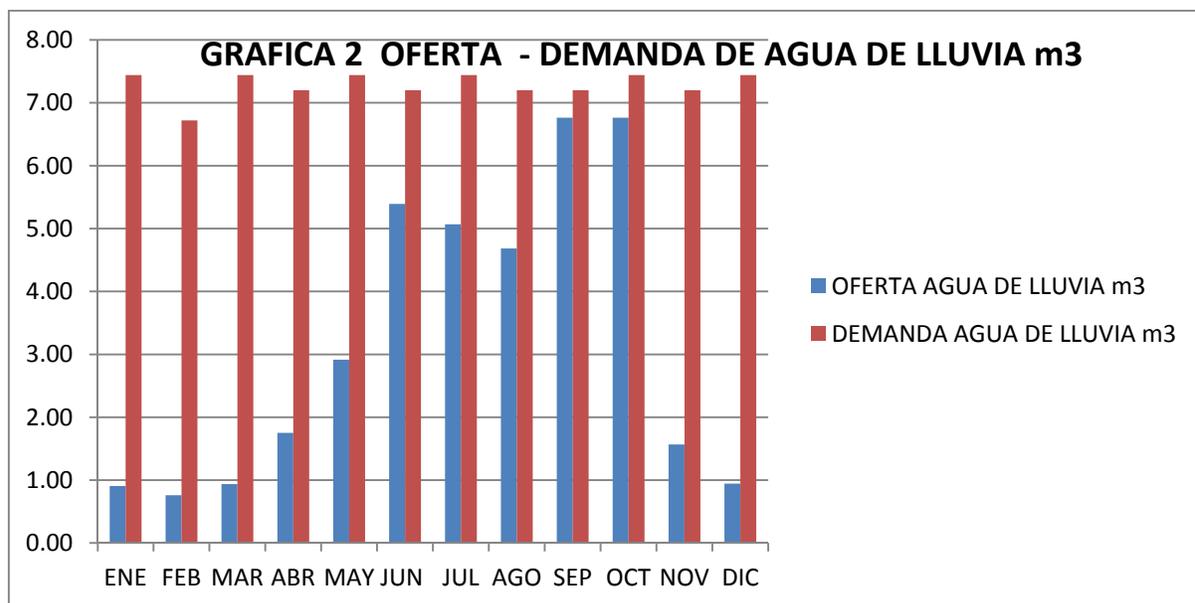
Propuesta III Tomar en cuenta las dimensiones del tanque de almacenamiento, si es posible instalarlo dentro del predio.



J) El libro 2. Gráfica 1. Observamos la cantidad de agua de lluvia ofertada mes a mes, durante el periodo a evaluar.



Gráfica 2. Observamos la cantidad de agua de lluvia ofertada mes a mes, con la comparativa del agua demandada por los usuarios en todo periodo a evaluar.



Libro 3. Los pasos a seguir son los mismos que el libro 2, únicamente varía el periodo de evaluación, en este caso el periodo es de 1941 – 1996, según Tabla de precipitaciones pluviales de los estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional Conagua.

Libro 4. Hoja de cálculo para determinar el volumen del tanque de almacenamiento en Localidades de la Republica.

Ejemplo.



Llenar las celdas de cada uno de los datos de precipitación media en cada uno los meses a evaluar, Tabla 2. Así como la anual. Datos que se obtendrán en la página del Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Introduciendo los datos, el simulador calculara, la oferta y demanda de agua pluvial, así como el volumen del tanque de almacenamiento.

Tabla 2

	Parámetros climáticos promedio de <b>PACHUCA</b>												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación media (mm)	10	5	13	40	39	51	103	100	55	40	12	10	<b>513</b>

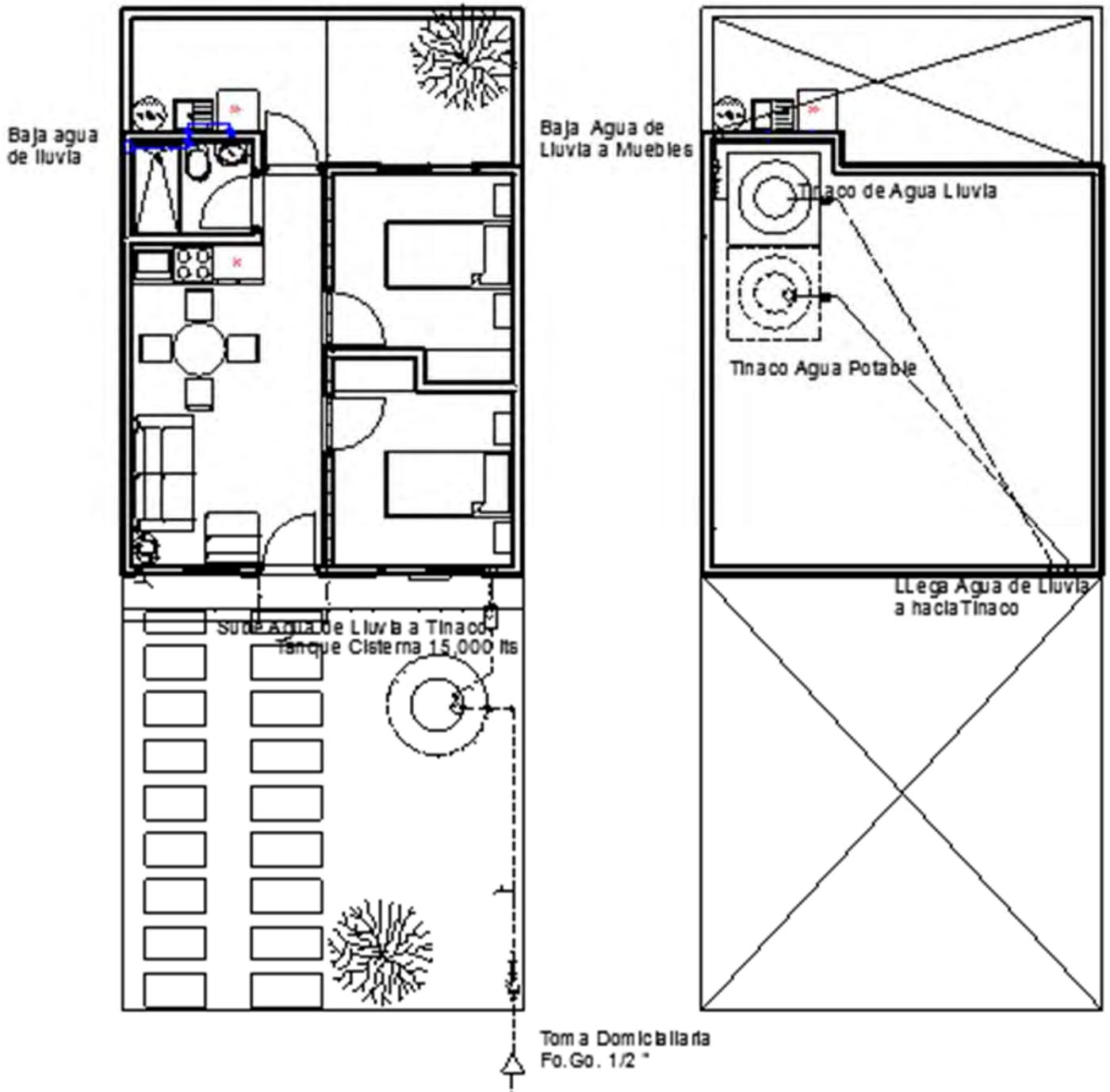
Libro 5. Muestra Tabla de precipitaciones pluviales de los estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Periodo 1941 – 1996

Libro 6. Muestra Tabla de precipitaciones pluviales de los estados de la República Mexicana, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional <http://smn.cna.gob.mx/> Conagua. Periodo 1941 – 2011

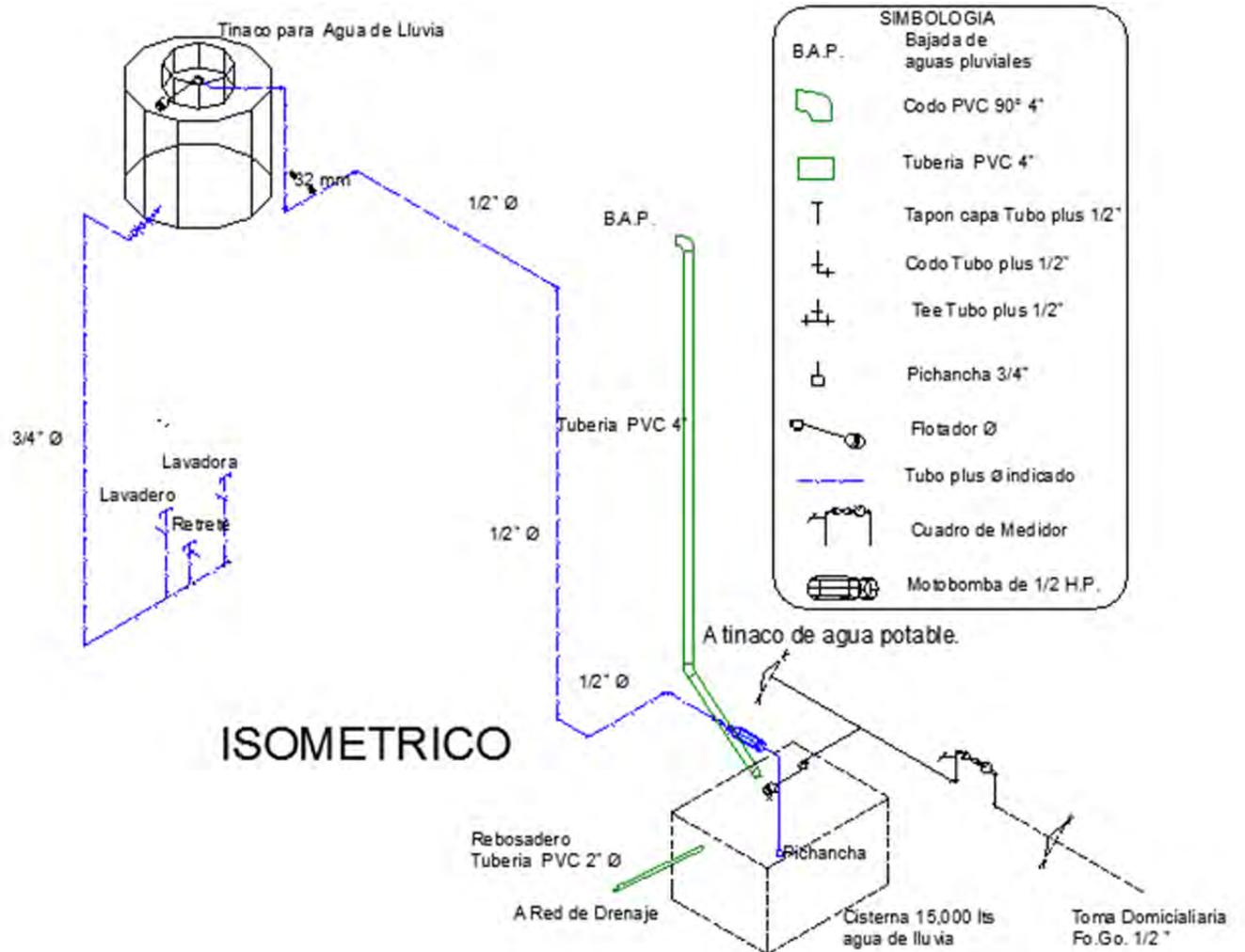
Libro 7. Tabla Superficies de captación.



## Anexo VI Plano de instalación hidráulica aplicado a la ecotecnia



## Anexo VII Isométrico de instalación hidráulica aplicado a la ecotecnia



**Anexo VIII. Presupuesto DE LA ECOTECNIA DE ACUERDO A LOS ANEXOS VI y VII INCLUYE, CREACION DE CISTERNA, BASE DE TINACO, TINACO, TENDIDO DE TUBERIA Y CONEXIONES HIDRAULICAS**

**CAPÍTULO I. ESTRUCTURA**

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS	CANTIDAD	SUBTOTAL
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO PARA DESPLANTE DE CISTERNA, ESTABLECIENDO REFERENCIAS Y BANCOS DE NIVEL., INCLUYE MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	M2	\$ 4.30	16	\$68.80
EXCAVACION A MANO EN CEPA EN SECO, INCLUYE AFINE DE TALUDES Y FONDO. MATERIAL SECO, TIPO II, TODAS LAS ZONAS, PROFUNDIDAD DE 0.00 A 2.00 M.	M3	\$91.79	25.72	\$2360.83
CONCRETO F'C=100 KG/CM2 EN CIMENTACION REVENIMIENTO DE 10 CM AGREGADO MAXIMO 3/4" INCLUYE ELABORACION, COLOCACION, VIBRADO, CURADO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA, Y PRUEBAS DE LABORATORIO.	M3	\$1466.36	0.8	\$1173.08
CADENA DE ENRASE SECC. 15X20 ARMADO DE ARMEX TIPO 10X15. INCLUYE CONCRETO F'C=1500 KG/CM2, MANO DE OBRA.	ML	\$ 180.10	28	5042.8
MURO DE TABIQUE ROJO RECOCIDO MEDIDAS 6 x 12 X 24 CM. EN 12 cm DE ESPESOR, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA PROP. 1:3. INCL., MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	M2	\$296.39	22.32	\$6615.42
LOSA DE 10 CM. DE ESPESOR, ARMADA CON VARILLAS DEL No.3 A CADA 20 CM. EN AMBOS SENTIDOS, CONCRETO FC=250 KG/CM2. INCLUYE CIMBRA ACABADO APARENTE, CHAFLAN DE 1" PARA FORMAR GOTERO, HABILITADO DE ACERO, ELABORACION DE CONCRETO, COLADO, VIBRADO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	M2	581.68	12.25	\$7125.58
APLANADO EN MUROS CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3. A PLOMO Y REGLA ACABADO CON LLANA METALICA, INCLUYE MATERIALES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA	M2	115.49	28	\$3233.72



BASE PARA TINACO DE 1100 LTS. A BASE DE CASTILLOS Y LOSA DE CONCRETO ARMADO DE 2.12 x 2.12 M., MURO DE BLOCK DE 1.50 M. DE ALTURA, APLANADO POR AMBAS CARAS INCLUYE ELEVACION DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZA	4776.78	1	4776.78
		SUBTOTAL ESTRUCTURA		25620.23

## CAPÍTULO II. INSTALACION HIDRAULICA

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIOS UNITARIOS	CANTIDAD	SUBTOTAL
SUMINISTRO Y COLOCACION DE TINACO DE 800 LTS. DE CAPACIDAD, MARCA ROTOPLAST O SIMILAR. INCLUYE: BOMBA CON SISTEMA DE AUTOMATICO, SISTEMA DE ELECTRONIVEL, FLOTADOR, 30.00 MTS. DE TUBO CONDUIT DE 13 MM., 60.00 MTS DE CABLE CAL. 12, ACCESORIOS, CONEXIONES NECESARIAS, TRANSPORTE Y MANIOBRAS DENTRO DE LA OBRA, MATERIALES MENORES DE CONSUMO, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZA	\$6320.35	1	\$6320.35
BAJADA DE AGUA PLUVIAL CON TUBO DE PVC DE 100 MM. INCLUYE CODOS DE 90. Y 3.00 M DE TUBO DE PVC DE 4", FIJACION CON ABRAZADERAS, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZA	\$385.31	1	\$385.31
SUM. E INSTALACION DE TUBERIA DE TUBOPLUS DIAMETRO 1/2" y 3/4" DE Ø. 38 MTS INCLUYE MATERIAL, FLETE, PRUEBA DE HERMETICIDAD, ACARREOS, EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA. INCLUYE FILTROS	ML	\$ 1836.22	1	\$1836.22
		SUBTOTAL INSTALACION HIDRAULICA		\$8541.88
		SUBTOTAL ESTRUCTURA		\$25620.23
		TOTAL		\$34162.11



**Anexo IX. Simuladores; captación y reciclaje de agua de lluvia.**

SE ENCUENTRA EN LA CONTRAPORTADA DE LA TESIS EN UN CD.  
REQUISITOS MICROSOFT EXCEL VERSION 2010 en adelante.  
aavila\_62@hotmail.com



## Índice gráficas, tablas, figuras y fotografías

Clave		Nombre	Página
Figura	1	Formación de la lluvia acida. . . . .	10
Figura	2	República Mexicana, Estado de Hidalgo, Pachuca y Fraccionamiento Real de Toledo. . . . .	19
Figura	3	La Domus Romana. . . . .	21
Figura.	4	Tres de las aguadas más próximas a Uxmal, en Yucatán (México). . . . .	22
Figura	5	Sección transversal de una aguada maya. . . . .	22
Figura	6	Chultún situado frente al palacio de las Máscaras (Codz Pop) en Kabah. Yucatán (México). . . . .	22
Figuras	7 y 8	Dipòsit de les Aigües, Parc de la Ciutadella, actual Biblioteca Central UPF. . . . .	23
Figura	9	Sistema de captación de agua de lluvia Colpos-1 del Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Chapingo. Fuente: CIDECALLI 2008. . . . .	24
Figura	10	Colecta de agua pluvial en la hipoteca verde de Infonavit. . . . .	27
Figura	11	El número de milímetros anuales de lluvia en la zona del proyecto. . . . .	29
Figura	12	Sistema típico de captación de agua lluvia en techos CEPIS, 2004. . . . .	31
Figura	13	Áreas de captación para tres tipos diferentes de techos. . . . .	32
Figura	14	Tipos de canaletas para recolección de agua lluvia. . . . .	32
Figura	15	Tanque interceptor de primeras aguas. . . . .	33
Figura	16	Válvula flotador para Tanque Interceptor. . . . .	34
Figura	17	Croquis Edificio Alicante. . . . .	41
Figura	18	Canalón con junta. . . . .	44
Figura	19	Situación de las piezas de compensación de bajantes. . . . .	43
Figura	20	Modelo Mesanza. . . . .	70
Figura	21	Sistema para la recuperación de agua de lluvia. . . . .	71
Figura	22	Sistema biomecánico de reciclado de agua. . . . .	72
Figura	23	Sistema biomecánico de reciclado de agua (Filtros) . . . . .	73



Figura	24	Sistema de captación de agua pluvial en techos SCAPT.....	74
Figura	25	Interceptor de Primeras Aguas.....	76
Figura	26	Modelo IV.....	79
Figura	27	Proceso de ultrafiltración.....	80
Figura	28	Sistema de captación con dos contenedores: uno enterrado y otro elevado.....	81
Figura	29	Sistema de captación con un solo contenedor y bomba hidroneumática.....	84
Figura	30	Modelo VIII Aqua.....	86
Figura	31	Area de Captación.....	87
Figura	32	Armado de canaletas.....	88
Figura	33	Interceptor.....	88
Figura	34	Modelo X AGU/ AGUA.....	91
Figura	35	Modelo XI Dávila.....	94
Figura	36	Modelo XII IRRI.....	92
Figura	37	Materiales de Techumbres.....	96
Figura	38	Desvió de bajantes.....	97
Figura	39	Filtros de Hojas.....	97
Figura	40	Interceptor de primeras lluvias.....	98
Figura	41	Funcionamiento de Interceptor de primeras lluvias.....	99
Figura	42	Dosificación de cloro.....	100
Figura	43	Método de cloración.....	100
Figura	44	Sistema de filtros.....	102
Figura	45	Planta Arquitectónica. Modelo Navarra Caso de Estudio....	127
Figura	46	Variables. Oferta, Demanda y Volumen de tanque de almacenamiento.....	128
Figura	47	Propuesta de diseño para la captación de agua de lluvia....	136
Figura	48	Ubicación de tinaco en caso de estudio.....	145
Figura	49	Guía - Simulador captación y reciclaje de aguas pluviales....	147
Figura	50	Grafica Agua de lluvia sustituible.....	149
Figura	51	Diversos tipos de techumbres.....	150
Figura	52	Modelo I Ecotecnia.....	153



Clave		Nombre	Página
Figura	53	Figura Modelo II Ecotecnia. ....	155
Figura	54	Modelo III Ecotecnia. ....	157
Figura	55	Biofiltro. ....	159
Figura	56	Interceptor de primeras aguas. ....	159
Figura	57	Modelo IV Ecotecnia. ....	160
Figura	58	Modelo V Ecotecnia. ....	162
Gráfica	1	Aprovechamiento de agua de lluvia en una casa. ....	9
Gráfica	2	Crecimiento de Vivienda habitadas, 1970-2005. ....	12
Fotografía	1	Restos arqueológicos de balaat Gebel. El Libano. ....	21
Fotografía	2	Canaletas de recolección. ....	76
Fotografía	3	Tanque de Almacenamiento. ....	77
Tabla	1	Proyecciones de Población del Municipio de Pachuca. ....	16
Tabla	2	Crecimiento de Vivienda, 1970-2005. ....	17
Tabla	3	Anuario estadístico, Hidalgo, INEGI, 2011. ....	19
Tabla	4	Culturas que aprovecharon el agua de lluvia. Iván Fernández Pérez (2009).	21
Tabla	5	Tesis Estado actual de las Ecotecnias en los Conjuntos Habitacionales Ecológicos. ....	26
Tabla	6	Consumos promedio por persona y por actividad. ....	35
Tabla	7	Coeficientes de rendimiento (e) ....	38
Tabla	8	Cálculo de la necesidad de agua de servicio anual (Nd). ...	38
Tabla	9	Estudio volumen medio depósito aguas de lluvia/pluviometría en España. ....	38
Tabla	10	Lluvia recuperada anual.(LRA) ....	39
Tabla	11	Necesidades de agua pluvial anual (NDT) ....	40
Tabla	12	Volumen útil cisterna (VU) ....	40
Tabla	13	Indicis pluviométricos para España cuadro y mapa. ....	42



## Referencias

### BIBLIOGRAFIA

- 2 Arias Chávez Jesús (2005), Cartilla de ecotecnias para la vivienda autosuficiente, México: Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
- 3 Restrepo, Iván (1987), "La Tecnología Adecuada en el desarrollo", en Portillo, Álvaro y Sirvent, Gladys; Tecnologías alternativas para el desarrollo urbano, México: Centro de Ecodesarrollo.
- 8 INEGI. Cuaderno estadístico Pachuca de Soto Hidalgo. primera ed. Pachuca: gobierno federal; 2010.
- 9 SAHOP, 1978. Cuadernos de Ecotecnias. Publicación de la Dirección General de Ecología Urbana, Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Publicas D.F. México
- 10 Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Pachuca de Soto Estado de Hidalgo.(2009-2012)
- 11 Menes Llaguno Juan Manuel (1993).Monografía de la ciudad de Pachuca.
- 12 INEGI. (2005). Censo Poblacional Instituto nacional de Estadística Geografía e Informática.
- 14 Anuario estadístico, Hidalgo, INEGI, 2011
- 16 Anaya Garduño. Manuel (2008) "Sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia". Innovaciones tecnológicas ante el cambio climático. Centro Internacional De Demostración Y Capacitación En Aprovechamiento Del Agua De Lluvia (CIDECALLI).
- 17 Pacheco Montes Margarita (2008) Revista Sostenibilidad Tecnológica y Humanismo No 3
- 18 Herrera Monroy Luis Alberto (2010) Tesis Estudio de alternativas, para el Uso Sustentable del Agua de Lluvia. Director de Tesis Duran Escamilla Pino.
- 19 León Cacho Edgar (2005) Tesis Estado actual de las Ecotecnias en los Conjuntos Habitacionales Ecológicos. De acuerdo a Director de tesis Dr. Diego Morales Ramírez.
- 20 Nepote Ana Claudia (2012) Artículo Propuestas sustentable a favor del uso de agua en México
- 24 Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2004.
- 25 Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. (2006). Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. 291-300.
- 32 Sistema biomecanico de reciclado de agua. ARQuitectura \_Prefab. 2011 Febrero.
- 50 Gobierno Municipal de Pachuca de Soto Hidalgo. Reglamento de Construcciones del Municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo. 2011 Febreo 14.



- 51 Roberto MeCHS. Metodología de la investigación. Primera ed. editor. Estado de Mexico: MC GRAW-HILL; 1997.

## DIRECCIONES ELECTRONICAS

- 1 Solución Pluvial, S.A. de C.V. Crisis del agua. [Online]. 2010 [cited 2012 NOV. Available from: [p://www.solucionpluvial.com/la\\_crisis\\_de\\_agua.html](http://www.solucionpluvial.com/la_crisis_de_agua.html).
- 4 [http://www.lareserva.com/home/lluvia\\_acida](http://www.lareserva.com/home/lluvia_acida)
- 5 Enviado por La Reserva el Vie. Medio Ambiente. ¿Qué es la lluvia acida? [Online]; 26/10/2007 [cited 2012 Enero 23. Available from: [http://www.lareserva.com/home/lluvia\\_acida](http://www.lareserva.com/home/lluvia_acida).
- 6 Ilán Adler GCAB. Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. [Online]; 2008 [cited 2011 Julio 26. Available from: [http://irrimexico.org/pdf/manual\\_captacion\\_aguas\\_lluvias\\_centros\\_urbanos.pdf](http://irrimexico.org/pdf/manual_captacion_aguas_lluvias_centros_urbanos.pdf)
- 7 Frers Cristhian Eco joven.com La próxima guerra. la guerra del agua. [Online]. 2010 [cited 2011 Junio 17. Available from: <http://www.ecojoven.com/tres/10/acuiferos.html>.
- 13 Servicio Meteorologico Nacional. Comision Nacional del Agua. [Online]; 2012 [cited 2011 Mayo 2011. Available fr
- 15 Ivan Fernandez (2009). Aprovechamiento de aguas pluviales. [Online]; [cited 2011 Mayo 21. Available from: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7222/1/pfc-e%202009.058%20mem%C3%B2ria.pdf>.
- 21 Martínez-Alvarado, Brian (2011). Ecotecnias <http://es.scribd.com/doc/52922991/Ecotecnias>
- 22 IMTA Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua. Precipitaciones pluviales extremas. [Online]; 2007 [cited 2012 FEBRERO 25. Available from: [http://www.imta.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=179:precipitaciones-pluviales-extremas&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=106](http://www.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=179:precipitaciones-pluviales-extremas&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=106)
- 23 Palacio CN. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia. [Online]; 2010 [cited 2011 Noviembre 23. Available from: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>
- 26 ESPA Innovative Water Solutions. Aprovechamiento agua de lluvia. [Online]; 2002 [cited 2011 Febrero 14. Available from: <http://www.jhamakan.com/wp->



<content/uploads/2010/12/Formularioagualluvia.pdf>.

- 27 JIMTEN. Criterios de calculo. [Online].; 2012 [cited 2011 Febrero 19. Available from: <http://www.valgroup.es/carac/25036001.pdf>
- 28 IVÁN FP. Aprovechamiento de aguas pluviales. [Online].; 2009 [cited 2011 Mayo 21. Available from: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7222/1/pfc-e%202009.058%20mem%20C3%B2ria.pdf>.
- 29 Organizacion Panamericana de la Salud. Guia de diseño para captacion de agua de lluvia. [Online].; 2004 [cited 2011 Junio 12. Available from: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%204%20Lluvia/Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>
- 30 Palacio C.N. P36propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia. [Online].; 2010 [cited 2011 Noviembre 23. Available from: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1325/1/PropuestaSistemaAprovechamientoAguaLluviaAlternativaAhorroAguaPotableInstitucionEducativaMariaAuxiliadoraCaldas.pdf>
- 31 Alberto M. Aprovechamiento del agua de lluvia. ECOHABITAR. 2011 Septiembre;(http://www.ecohabitar.org/apr
- 33 IS-ARQuitectura. (2006) Sistema biomecánico de reciclado de agua [http://blog.is-arquitectura.es/2006/09/05/reciclado-de-agua-domestica/Sistema biomecánico de reciclado de agua](http://blog.is-arquitectura.es/2006/09/05/reciclado-de-agua-domestica/Sistema%20biomec%C3%A1nico%20de%20reciclado%20de%20agua)
- 34 Organizacion Panamericana de la Salud. Guia de Diseño para Captacion de Agua de Lluvia. [Online].; 2004 [cited 2011 Junio 12. Available from: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%204%20Lluvia/Guia%20de%20dise%C3%B1o%20para%20captaci%C3%B3n%20del%20agua%20de%20lluvia.pdf>
- 35 Secretaria del Medio Ambiente Gobierno del Estado de Mexico. Guia de ecotecnias. In <http://transparencia.edomex.gob.mx/sma/informacion/publicaciones/ARCHIVO%20A6.pdf> , editor. Ecotecnias. Estado de Mexico: Direccion de Concertacion y Participacion Ciudadana de la Secretaria del medio ambiente; 2008. p. 29.
- 36 Hierro Cascajeres Elisa vcmdjtmd. Aprovechamiento del agua pluvial. [Online].; 2011 [cited 2011 Marzo 25. Available from: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2010/biologia/203-%20CUM%20-%20Aprov%20del%20agua%20Pluvial.pdf>.
- 37 SCLAR Rendon Karen Igpdl Ref. xxi Congreso de Investigacion Aprovechamiento de Aguas Pluviales. [Online].; 2011 [cited 2011 Marzo 23. Available from: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2010/biologia/226-%20ColegAngMexCoyoac-Aprovecham%20de%20aguas%20pluviales%5b1%5d.pdf>
- 38 AQUA España. Guia Tecnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios. aqua España. 011;(http://xarxaenxarxa.diba.cat/sites/xarxaenxarxa.diba.cat/files/guia\_pluvials\_0.pdf).



- 39 CONAFOVI Comision Nacional de Fomento a la Vivienda. Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Primera ed. Vivienda CNdFa, editor. MEXICO D.F.: [http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia\\_agua\\_final.pdf](http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia_agua_final.pdf); 2005.
- 40 AGU/agua. Guías de sostenibilidad en la edificación residencial. Primera ed. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/UO551273.pdf> , editor. Valencia : Generalitat Valenciana; 2009.
- 41 Eduardo LG. Guía de agua y construcción sustentable. Primera ed. [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2926:guia-agua-y-construccion-sustentable&catid=1326:desarrollo-sustentable&Itemid=246](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=2926:guia-agua-y-construccion-sustentable&catid=1326:desarrollo-sustentable&Itemid=246) , editor. MEXICO D.F.: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental AC; 2008.
- 42 Instituto Internacional de Recursos Renovables A.C. Captación de agua de lluvia. Primera ed. [http://irrimexico.org/pdf/Manual\\_captacion\\_IRRI.pdf](http://irrimexico.org/pdf/Manual_captacion_IRRI.pdf) , editor. MEXICO D.F.: ISLA URBANA; 2011.
- 43 Ley de Vivienda del Distrito Federal. Gaceta oficial del Distrito Federal <http://www.aldf.gob.mx/archivo-8b52b9eed72d88c1de9ad68bc69576ea.pdf> , editor. Mexico D.F. .Gaceta Oficial del Distrito Federal ; 2000.
- 44 Rafael P.A. INICIATIVA\_GACETA\_280410.PDF [http://www.google.com.mx/search?site=&source=hp&q=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&aq=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&gs\\_l](http://www.google.com.mx/search?site=&source=hp&q=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&aq=Comunicado+184-08+Secretar%C3%ADa+de+Medio+Ambiente+y+Recursos+Naturales%2C+Ciudad+de+M%C3%A9xico.&gs_l) , editor. Mexico D.F.: Iniciativa\_gaceta\_280410; 2010.
- 45 David MG. Instituto de Ingeniería UNAM. [Online].; 2008 [cited 2011 Noviembre 15. Available from: [http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/Vivienda\\_Sustentable\\_Mexico\\_Marillon\\_Galvez\\_UNAM.pdf](http://energia.guanajuato.gob.mx/siegconcyteg/eventosieg/archivos/Vivienda_Sustentable_Mexico_Marillon_Galvez_UNAM.pdf).
- 46 Gobierno de la Republica. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Primera ed. [http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/plan\\_nacional\\_desarrollo\\_2013/PND\\_ok2.pdf](http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/plan_nacional_desarrollo_2013/PND_ok2.pdf) , editor. Mexico D.F.
- 47 Investigación y Desarrollo ID. Hipoteca verde, viviendas sustentables hechas realidad. [Online].; 2013 [cited 2013 ENERO 23. Available from: <http://www.invdes.com.mx/suplemento-mobil/2491-hipoteca-verde-viviendas-sustentables-hechas-realidad>.
- 48 CONAFOVI Comision Nacional de Fomento a la Vivienda. Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Primera ed. Vivienda CNdFa, editor. Mexico D.F. [http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia\\_agua\\_final.pdf](http://www.conavi.gob.mx/php/publicaciones/documentos/guia_agua_final.pdf); 2005.
- 49 Pacto de Estambul sobre el Agua. 5º Foro Mundial del Agua. [Online].; 2009 [cited 2011 Abril 29. Available from: [http://www.atl.org.mx/images/docs/Pacto\\_Estambul\\_Agua\\_Final.pdf](http://www.atl.org.mx/images/docs/Pacto_Estambul_Agua_Final.pdf).

