

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y SU USO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA ZONA DEL VALLE DE MÉXICO

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN ARQUITECTURA

PRESENTA:

Ing. FEDERICO GUILLERMO MORITZ PARRA

TUTOR:

M. en Ing. JUAN JAVIER CARRILLO SOSA
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM

MÉXICO D.F. FEBRERO 2013

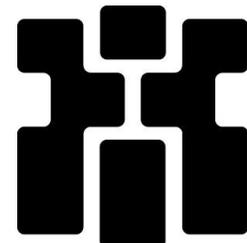
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y SU USO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE LA ZONA DEL VALLE DE MÉXICO

Ing. FEDERICO GUILLERMO MORITZ PARRA



TUTOR DIRECTOR DE TESIS:

M. en Ing. JUAN JAVIER CARRILLO SOSA

SINODALES:

Dra. en Arq. DOLORES ANA FLORES SANDOVAL

M. en Arq. FRANCISCO REYNA GÓMEZ

Dr. en Arq. TARSICIO PASTRANA SALCEDO

Dr. en Arq. MIGUEL ARZATE PÉREZ

En el principio Di...s creó los cielos y la tierra. Y la tierra estaba sin forma y vacía, con oscuridad sobre la faz del abismo, y el espíritu de Di...s flotaba sobre la superficie de las aguas.

Con gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México.

A mi director de tesis; Mtro. Juan Javier Carrillo Sosa.

**A mis sinodales; Dra. Dolores Ana Flores Sandoval, Mtro. Francisco Reyna Gómez,
Dr. Tarsicio Pastrana Salcedo, Dr. Miguel Arzate Pérez.**

Al Mtro. Juan Ansberto Cruz Geron del Instituto de Ingeniería.

A la Ing. Rosa María O'Reilly Togno de la CONAGUA.

A mis profesores, amigos y compañeros.

Y por supuesto a mi familia, todos quienes con su apoyo me ayudan a ser un mejor profesionalista y un mejor ser humano. ¡Gracias!

ÍNDICE.

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| Hipótesis..... | 3 |
| Objetivos..... | 3 |
| | |
| 1. El Agua..... | 4 |
| 1.1 ¿Qué es el Agua? | 4 |
| 1.2 El Ciclo Hidrológico..... | 6 |
| 1.3 ¿Cómo se usa el agua?..... | 11 |
| 1.4 Impacto Humano sobre el Agua..... | 23 |
| Conclusiones del Capítulo 1..... | 28 |
| | |
| 2. La Captación de Agua de Lluvia..... | 29 |
| 2.1 Técnicas de captación pluvial de la antigüedad..... | 29 |
| 2.2 Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en la Actualidad..... | 37 |
| 2.3 Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Utilizados en México Actualmente..... | 40 |
| Conclusiones del Capítulo 2..... | 44 |
| | |
| 3. Estado del Arte en Materia de Captación Pluvial..... | 45 |
| Conclusiones del Capítulo 3..... | 59 |
| | |
| 4. La Situación del Agua en México y en la Zona Metropolitana del Valle de México..... | 60 |
| 4.1 Disponibilidad y Consumo de Agua en México..... | 60 |
| 4.2 La Situación Del Agua En La Región Hidrológico-Administrativa XIII “Aguas del Valle de México”..... | 69 |
| 4.3 Situación del Agua en la Zona Metropolitana del Valle De México..... | 78 |
| 4.4 El Agua de Lluvia en la ZMVM y su Aprovechamiento Potencial..... | 83 |
| Conclusiones del Capítulo 4..... | 84 |
| | |
| 5. Análisis de las Condiciones para la Captación de Agua de Lluvia en el D.F. y la Zona Metropolitana del Valle de México..... | 85 |
| 5.1 Análisis de las Condiciones Climatológicas Actuales en la ZMVM..... | 85 |

| | |
|--|-----|
| 5.2 Determinación de la Proporción de Superficie Aprovechable (de Techados Habitacionales) en el Área Urbanizada de la ZMVM..... | 95 |
| 5.3 Determinación de la Capacidad Potencial de Producción Pluvial en el D.F. y la ZMVM..... | 97 |
| 5.4 Estimación de los Ahorros Generados con la Implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia Domésticos..... | 101 |
| Conclusiones del Capítulo 5..... | 102 |
| | |
| 6. Propuesta de Diseño..... | 103 |
| 6.1 Consideraciones Iniciales para el Diseño de un Sistema de Captación Pluvial en la ZMVM..... | 103 |
| 6.2 Diseño de Dos Propuestas de Sistema de Captación de Agua de Lluvia para la Vivienda Unifamiliar en la ZMVM..... | 104 |
| 6.3 Evaluación de la Rentabilidad y Viabilidad de Implementar la Captación Pluvial en la Vivienda Unifamiliar de la ZMVM..... | 118 |
| Conclusiones del Capítulo 6..... | 125 |
| | |
| Conclusiones de la Investigación..... | 127 |
| | |
| Fuentes de Consulta..... | 129 |
| | |
| Glosario..... | 131 |

Anexos

Índice de Tablas y Figuras

INTRODUCCIÓN

En forma general se puede decir que en las ciudades más de una tercera parte (36.7%) del agua que se distribuye es para uso doméstico y de ésta entre 60 y 85 % se convierte en agua residual que se va a los sistemas de drenaje.¹ Si consideramos que en promedio en una casa se usan entre 150 y 480 litros per cápita al día, entonces la descarga al drenaje es de entre 90 y 408 litros per cápita al día.² Esto implica el uso de grandes cantidades de agua y un gran gasto energético para dotar de agua a las poblaciones y tratar las aguas residuales, situaciones que se relacionan con el deterioro de las fuentes de agua y la emisión de contaminantes. Por ello es que debe fomentarse el aprovechamiento racional de los recursos hídricos y la conservación de la energía, como aspectos que deben irse incorporando en el diseño de las viviendas. Dada la actual situación de deterioro ambiental, surge el interés para que las edificaciones funcionen de manera armónica con la naturaleza, procurando aprovechar las condiciones naturales del entorno, tales como; temperatura, insolación, viento, lluvia, humedad, vegetación, etc. Este no es un concepto del todo nuevo, ya desde la antigüedad, los arquitectos habían desarrollado toda una serie de criterios para elegir la mejor forma de adaptar las construcciones a las condiciones del entorno natural, como se aprecia claramente en el Tratado clásico de Arquitectura intitulado “*Architectura Libri Decem*” o *Los Diez Libros de la Arquitectura*, escrito por Marco Lucio Vitruvio Polión, arquitecto romano que vivió en el siglo primero a.C.³

El agua, indispensable recurso para el mantenimiento de la vida, es hoy en día uno de los recursos en mayor riesgo, pues no solo es sobreexplotado y contaminado, sino también desperdiciado y en grandes urbes como la Ciudad de México y su área metropolitana, los problemas de abastecimiento de agua se agudizan año con año.

Una idea que esta cobrando interés como posible alternativa para complementar el abasto de agua en las viviendas, es captar el agua de la lluvia, lo cual no es de ninguna manera una idea novedosa, pues desde tiempos remotos se ha colectado agua de lluvia para diferentes usos en la vivienda. Surge pues la hipótesis de que al incorporarse en la vivienda sistemas para captar el agua de lluvia, se contribuye a la protección del ambiente a la vez que se proporciona una alternativa viable y económica de suministro de agua para aquellos usos en la vivienda que no requieren de una calidad potable, como; servicios sanitarios, limpieza del inmueble, riego, etc.

¹ Tchobanoglous G. & Schroeder D., *WATER QUALITY*, 1987, Pág. 7.

² *Ibidem*, Pág. 48

³ UAM - Azcapotzalco, *ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA*, Anuario 2005 Vol. VII, Pág. 23

Algunos datos interesantes en relación con el uso del agua y la captación de la lluvia son los siguientes:

- El agua es fundamental para la vida como la conocemos, toda la biota terrestre, ecosistemas y los seres humanos dependen del agua dulce (contenido de sales menor a 100 partes por millón), y aunque el 71 % de la superficie del planeta esta cubierta por agua, sólo el 3% del agua en el planeta es agua dulce, de la cual más de tres cuartas partes está atrapada en los hielos y glaciares o es agua subterránea inaccesible o vapor de agua en la atmósfera y solo menos del 1% se encuentra como agua dulce disponible.

- Se estima que de los 7000 millones de habitantes en el mundo, cerca de una tercera parte carecen de agua potable. El agua no potable, es la causa de que más de 1000 millones de personas por año enfermen y cada día mueren más de 30 mil personas como resultado del mal manejo del agua para consumo humano.

- Los sistemas de captación de agua de lluvia construidos con canaletas en las orillas de los techos y el almacenamiento en cisternas han sido la base para el abastecimiento de agua de uso doméstico en muchas islas pequeñas y en varios lugares del mundo. Aunque estos sistemas de captación de agua de lluvia están desapareciendo, se estima que alrededor de 100 millones de personas en el mundo dependen parcial o totalmente de la captación pluvial.

- Durante más de tres siglos la captación de agua de lluvia de los techos y su almacenamiento en cisternas ha sido la base para el abastecimiento de agua en muchas islas del Caribe y se estima que más de 500 mil personas utilizan estos sistemas. Durante la Segunda Guerra Mundial, inclusive las pistas de algunos aeródromos se utilizaron también como áreas de captación.

- La degradación de la Tierra está estrechamente relacionada con los problemas hídricos del suelo y las sequías, que son una de las principales causas de las hambrunas que no son más que una manifestación de la escasez del agua.

- Con crecientes poblaciones humanas, alrededor del globo, existen muchos casos de conflicto entre las necesidades humanas por agua y la supervivencia de los ecosistemas, inclusive en algunas partes existen conflictos por el destino del agua dentro de una misma sociedad, ya sea para destinarla a usos agrícolas, industriales o municipales. La escasez de agua provoca conflictos, problemas de salud, reducción en la producción de alimentos y deterioro ambiental. Algunos países han comenzado ya a pelear por las fuentes de agua.

De acuerdo con lo expuesto puede fácilmente apreciarse la importancia que tiene el agua para la vida y para las sociedades humanas, es por ello que existe un gran interés por aprovechar el recurso hídrico de manera racional y sustentable, para lo cual se ha venido investigando como usar mejor el agua y como aprovechar la lluvia como una posible alternativa para complementar el abasto de agua, es así como se origina la presente investigación, para determinar que tan factible y económicamente viable resultaría la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en una zona de alta demanda de agua y con fuentes de agua agotadas, como la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

El objetivo de la presente investigación fue establecer los criterios de diseño básicos para la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas unifamiliares de la zona del Valle de México con el propósito de utilizar el agua colectada para uso en los servicios que no requieren de calidad potable. Para ello se fijaron los siguientes objetivos específicos:

1. Proponer un sistema de captación pluvial (agua de lluvia). Se propondrán sistemas para que el agua de lluvia sea captada y almacenada para usarse en las actividades de limpieza de la casa y para los servicios sanitarios.
2. Elaborar un esquema de los accesorios para las instalaciones hidráulicas de los sistemas de captación de agua de lluvia.
3. Comparar las ventajas de instalar sistemas de captación de agua de lluvia con respecto a los sistemas convencionales de abastecimiento.

El presente documento consta de 6 capítulos y se comienza por definir qué es el agua (Cap. 1), para después revisar cuáles han sido los antecedentes históricos de la captación pluvial y cómo se hace actualmente (Cap. 2 y 3), después se describe el balance que existe entre la disponibilidad del recurso y la demanda a nivel nacional y a nivel zona de estudio (Cap. 4), para después pasar a analizar como es actualmente la lluvia en la ZMVM (Cap. 5), posteriormente se elaboran dos propuestas de sistemas de captación pluvial para la vivienda unifamiliar y se calculan sus rendimientos y costos de operación, en comparación con un abasto convencional (Cap. 6), finalmente los resultados se presentan en las conclusiones y se evalúa la factibilidad y viabilidad económica de implementar sistemas de captación pluvial en la vivienda, que dicho sea de paso parece no constituir todavía una opción económicamente interesante. En la última sección del trabajo se presenta un anexo con los planos que detallan los dos sistemas de captación pluvial que se propusieron para el análisis, así como otros documentos considerados para elaborar algunos cálculos.

Capítulo 1

EL AGUA

1.1 ¿QUÉ ES EL AGUA?

Las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas por agua y la vida como la entendemos comenzó en el agua y la disponibilidad de agua es una condición indispensable para el sostenimiento de la vida. En términos generales cuando nos referimos al agua nos referimos a ella en su forma líquida, sin embargo el agua existe en los tres estados de la materia; líquida, sólida como hielo y gaseosa como vapor.

El agua es una sustancia formada por la unión de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno y su molécula tiene la siguiente fórmula química; H_2O con un peso molecular de 18 gramos/mol. ⁴ La fórmula química del agua no explica por sí misma algunas de las propiedades extraordinarias que provienen de su arreglo molecular; los dos átomos de hidrógeno están separados por un ángulo de 105° adyacentes al átomo de oxígeno, de manera que la molécula de agua es asimétrica, cargada positivamente del lado del hidrógeno y negativamente del lado del oxígeno, por esta razón se dice que el agua es bipolar, esto hace que sus moléculas se aglomeren; el hidrógeno de una molécula atrae al oxígeno de la molécula vecina, esta fuerza de unión recibe el nombre de “puentes de hidrógeno”. Una consecuencia de estos puentes de hidrógeno es que las moléculas de agua no pueden abandonar la superficie de un volumen de agua tan fácilmente, requiriendo de mucha energía para liberarse. A causa de esto el vapor de agua tiene un alto contenido energético y es un medio efectivo para transferir energía en las operaciones de la industria, la construcción y en los hogares, adicionalmente el agua libera más calor durante la congelación que otros compuestos, haciéndola ideal para operaciones de transferencia de calor.

Tocante al tema de la congelación del agua, otra de sus propiedades más interesantes es que al bajar su temperatura y congelarse, aumenta de volumen, al contrario de muchas otras sustancias, razón por la cual el hielo flota. Si esto fuera de otra manera los lagos y ríos se congelarían empezando por el fondo y la vida en estos cuerpos de agua sería muy difícil.

Además de sus extraordinarias propiedades caloríficas, el agua tiene también otras propiedades muy peculiares; tiene una elevada tensión superficial, que hace posible que sustancias más densas

⁴ Mol: es la unidad con la que se mide la cantidad de materia en el sistema internacional de medidas (SI) y equivale a 6.022142×10^{23} Átomos o Moléculas de una sustancia.

puedan flotar más fácilmente sobre un espejo de agua y es esta tensión superficial lo que le confiere la capacidad de subir por conductos muy delgados (capilaridad) propiedad que interviene en los procesos de circulación de los tejidos vegetales.

Otra característica muy importante del agua, es su poder disolvente, que se debe a su peculiar arreglo molecular, pues las moléculas de agua se orientan de tal manera que neutralizan las fuerzas de atracción entre los iones en la estructura cristalina de la sustancia disuelta.

Características Físicas y Químicas del Agua

- El agua es insípida e inolora en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado; en estado líquido parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso, mientras que el hielo se percibe blanco con matices azules y en estado gaseoso (vapor) es incolora, pero grandes cantidades de vapor dan la apariencia de tener color blanco, como es el caso de las nubes.
- El punto de ebullición del agua es de 100°C a nivel del mar (1 Atmósfera de presión), esta es la temperatura a la que el agua hierve.
- El punto de fusión del agua es de 0°C (1 Atmósfera de presión), a esta temperatura el agua pasa del estado sólido al líquido.
- La densidad del agua es de 0.958 Kg/L a una temperatura de 100°C y presión de una Atmósfera (760 mmHg).⁵ A la temperatura de 3.8°C alcanza una densidad de 1Kg/L, que es su máxima densidad, por lo cual se usa la muy práctica convención de considerar la densidad del agua como de 1 Kg/L a condiciones normales de presión y temperatura.

Clasificación de los Tipos de Agua

Las aguas naturales son aquellas que se localizan en el entorno natural y pueden presentarse en estado líquido como en los ríos, lagos y mares, el agua natural también puede encontrarse en estado sólido en los glaciares, o en estado gaseoso, como vapor de agua en la atmósfera.

Aguas Pluviales: son aquellas procedentes directamente de la atmósfera; es el agua de lluvia.

Aguas superficiales: son aquellas que encuentran a cielo abierto, como las de ríos, lagos, presas, etc.

⁵ Unidad de presión de uso común que equivale a la presión ejercida por la atmósfera al nivel del mar.

Aguas subterráneas: son las aguas que se filtran al terreno, pudiendo aflorar en forma de manantiales. Las aguas subterráneas se ubican en una zona del terreno con cavidades conectadas entre sí, dividiéndose en dos zonas; en la parte superior la zona denominada de “agua suspendida” y bajo ella la zona “agua subterránea” que están separadas por el nivel freático. En la zona de agua suspendida o zona de aireación, las cavidades están llenas principalmente de gases atmosféricos y agua, pero sin existir una presión hidrostática⁶, en esta zona el agua esta sostenida entre sí solo por atracción molecular. En la zona de agua subterránea o zona de saturación, las cavidades están llenas de agua bajo presión hidrostática.

De acuerdo con la calidad del agua se puede hacer la siguiente clasificación:

- Agua Cruda: Es aquella que no ha sido sometida a procesos de tratamiento.
- Agua Destilada: Es la que se obtiene de la condensación del vapor de agua.
- Agua Natural: Como se presenta en la naturaleza.
- Agua Potable: la que reúne las características físicas, químicas y biológicas que la hacen adecuada para consumo humano.
- Agua Pura: Compuesto químico formado por dos átomos de Hidrogeno y uno de Oxigeno y cuya fórmula química es H₂O.
- Contaminación: Introducción dentro del agua de sustancias toxicas y/o microorganismos patógenos, condición que la hace inadecuada para el consumo humano.
- Polución: Alteración del agua producida al mezclarse con aguas residuales, líquidos o sólidos suspendidos u otras sustancias, en cantidad tal que alteran su calidad y la hacen ofensiva a los sentidos.

1.2 CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua en la naturaleza, Se trata de un ciclo biogeoquímico⁷ en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente cambia de estado físico y de lugar. El ciclo hidrológico comienza con la evaporación del agua desde la superficie del océano y los cuerpos de agua. A medida que se

⁶ La presión hidrostática, es la presión que el peso de un líquido ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene y sobre cualquier objeto sumergido dentro de su seno.

⁷ El término ciclo biogeoquímico se deriva del movimiento cíclico de los elementos presentes en los organismos biológicos (bio) y el ambiente geológico (geo) y cuyo intercambio sucede a través de reacciones químicas.

eleva, el aire húmedo se enfría y el vapor se condensa y forma las nubes, luego las pequeñas gotas de agua se juntan y se precipitan por su propio peso en forma de lluvia, si en la atmósfera hace mucho frío entonces el agua cae como nieve o granizo. Una parte del agua que llega a la tierra será aprovechada por los seres vivos, otra escurrirá por el terreno hasta llegar a los cuerpos de agua; ríos, lagos y de nuevo al océano. Una pequeña proporción del agua que cae sobre tierra firme se filtra a través del suelo, formando acuíferos subterráneos. Eventualmente, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera, debido principalmente a la evaporación y el ciclo se repite.

A continuación se presenta una ilustración del ciclo hidrológico y se describen a continuación los componentes de este ciclo natural.



Fig. 1 El Ciclo Hidrológico (Ciclo del Agua)

La Evaporación

A las moléculas de agua en el aire, las llamamos vapor de agua y la cantidad de vapor de agua en el aire es a lo que se llama humedad. La condensación no es otra cosa que las moléculas de vapor de agua reuniéndose de nuevo para formar agua en estado líquido; niebla, rocío y lluvia. Si cuando la condensación ocurre la temperatura es menor que el punto de congelación del agua, entonces la humedad se convierte en nieve o hielo.

Un aspecto muy importante sobre el ciclo evaporación-condensación es que esto produce una purificación natural del agua. Cuando el agua se evapora solo las moléculas de agua dejan la superficie, las sales y sólidos quedan atrás, así el agua de lluvia es agua purificada, salvo por el

hecho de que recoge impurezas del aire. El ciclo evaporación-condensación es la fuente de toda el agua dulce en el mundo.

La Precipitación

Fenómeno por el cual el agua tanto en forma líquida como sólida, llega a la superficie terrestre; la precipitación incluye a la lluvia, al rocío, la nieve y al granizo. La precipitación sobre la superficie terrestre, no es uniforme ni en espacio ni en el tiempo, hay zonas del globo en las que básicamente no llueve y otras donde la lluvia es abundante, también hay lugares en donde llueve con mucha frecuencia y lugares en donde no llueve por meses y en un periodo corto pueden presentarse lluvias torrenciales y esto depende en gran medida de las corrientes de aire que ascienden y descienden. Son dos los factores asociados al ascenso y descenso de corrientes de aire:

- En primer lugar las corrientes convectivas de aire; el calentamiento por el sol es más intenso cerca de la línea ecuatorial, en donde los rayos del sol caen casi en forma perpendicular a la superficie terrestre. Al calentarse el aire en las zonas ecuatoriales, se expande y asciende a cierta altitud se enfría y condensa y ocurre la precipitación. De esta manera en regiones ecuatoriales, existe una abundante precipitación. El aire ascendente que sube del ecuador, es solo la mitad del fenómeno de las corrientes de convección, por así decirlo el aire que sube, empuja al aire húmedo que se desborda en dirección Norte y Sur por encima de los 25 a 35 grados latitud, resultando en los desiertos subtropicales.
- La segunda situación que causa un continuo ascenso y descenso de las masas de aire, ocurre cuando vientos que soplan continuamente en una misma dirección, chocan con cadenas montañosas, cuando el aire cargado de humedad choca contra las montañas, el aire es enviado hacia arriba y se enfría, condensándose y precipitándose la humedad del aire sobre la ladera de cara al viento, al cruzar el aire la montaña y descender, se calienta y expande e incrementa su capacidad para absorber humedad, lo cual crea condiciones desérticas a este fenómeno se le conoce como “sombra de la lluvia”.

La Lluvia

La lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0.5 mm o de gotas de menor diámetro muy dispersas. Si el diámetro es menor recibe el nombre de llovizna y si no alcanza la superficie terrestre, no se le denomina como lluvia sino como virga.

Intensidad de las Lluvias

La intensidad es la altura de la precipitación expresada en milímetros para un intervalo de tiempo dado, la intensidad de la lluvia generalmente se calcula para varios intervalos y diferentes periodos. Para conocer la intensidad y la duración de la lluvia, se utilizan el pluviómetro y el pluviógrafo. El régimen de lluvia se expresa en milímetros al año, menos de 200 son pocos, entre 200 y 500 son escasos, entre 500 y 1000 son normales, entre 1000 y 2000 son abundantes y más de 2000 se considera mucho.

Frecuencia de las Lluvias

Es la periodicidad media estadística en años, con que pueden presentarse las tormentas de características similares en intensidad y duración.

Lluvia máxima en 24 horas

Este dato puede obtenerse en las estaciones meteorológicas que cuentan con registros pluviográficos y permiten calcular los escurrimientos máximos, ya que al ser mayor la lluvia en 24 horas, es de esperarse un mayor escurrimiento.

Como el escurrimiento es una función de la precipitación, es necesario conocer su intensidad, duración y frecuencia, o bien la lluvia máxima en 24 horas, para determinar los escurrimiento máximos superficiales.

El Agua sobre y debajo del Terreno

| Tipo de Reserva | % de la reserva en agua dulce | Detalles | % de la reserva en agua dulce |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Hielo y Nieve | 69.6 | Antártico | 61.7 |
| | | Groenlandia | 6.68 |
| | | Ártico | 0.24 |
| | | Otros (Montañas y permafrost) | 0.98 |
| Aguas subterráneas | 30.15 | Acuíferos | 30.1 |
| | | Humedad del suelo | 0.05 |
| Lagos y pantanos | 0.29 | | |
| Agua atmosférica | 0.04 | | |
| Ríos | 0.006 | | |

Tabla 1. Proporciones en que el agua se distribuye por nuestro planeta

Cuando la precipitación alcanza el terreno, puede seguir dos vías; puede empapar el piso e infiltrarse, o puede escurrir sobre la superficie (escorrentía).

Las escorrentías viajan por el terreno y forman los arroyos y ríos, que encuentran su camino a lagos y océanos. Toda el área terrestre que aporta agua a un sistema fluvial o lacustre, recibe el nombre de cuenca.

Por su parte el agua que se infiltra, puede seguir dos caminos; el agua puede ser retenida por el suelo, la cantidad de agua atrapada dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, a esta agua se le llama “Agua Capilar” y regresa a la atmósfera ya sea por evaporación o al ser absorbida por las plantas que luego la liberan como transpiración, a este proceso se le llama “Evapotranspiración”. El segundo camino es la “Percolación”; el agua que no es retenida por el suelo es llamada “Agua Gravitacional” pues se mueve hacia abajo a través de las grietas y poros movida por la gravedad, hasta alcanzar alguna capa de roca impermeable o de arcilla, así el agua se va acumulando en los intersticios y forma un cuerpo de agua atrapado en el subsuelo, a esta agua se le llama “Agua Subterránea”. A la parte más superficial de estos cuerpos de agua se le llama “Nivel Freático” (en este nivel la presión del acuífero es igual a la presión atmosférica). Para obtener esta agua, lo que usualmente se hace es construir pozos en donde el agua sube hasta alcanzar el nivel freático. El agua subterránea se mueve lateralmente a través de las capas de material poroso para encontrar el punto más bajo, a estas capas de material poroso se les llama “Acuífero”. No es tan sencillo encontrar el agua subterránea, pues las capas de terreno poroso pueden encontrarse entre capas de material impermeable a diferentes profundidades y pueden estar dobladas y fracturadas en diferentes direcciones. Por su parte el lugar en donde el agua entra al acuífero, puede estar a gran distancia del lugar en donde el agua del acuífero aflora (sale). A lo largo del trayecto de percolación a través del suelo, el agua usualmente alcanza a filtrarse de la suciedad y microorganismos, sin embargo disuelve los minerales presentes en el suelo. En general los minerales disueltos en el agua subterránea no representan un peligro para la salud y se considera a las agua subterráneas como buenas fuentes de agua, a excepción de los casos en que el agua contenga demasiados minerales que la hagan no apta para consumo o que hubiera disuelto sustancias tóxicas como el arsénico. El agua subterránea es movida a través de los acuíferos por la gravedad, hasta encontrar algún punto abierto a la superficie. Estos puntos en donde el agua aflora son lo que llamamos manantiales y así esta agua subterránea se puede incorporar de nuevo a la superficie y al ciclo hidrológico.

1.3 ¿CÓMO SE USA EL AGUA?

Abastecimiento de Agua

El abastecimiento de agua o sistema doméstico de abastecimiento de agua, es un término que comprende a los sistemas de abastecimiento de agua potable en edificios residenciales, comerciales, institucionales, e industriales.

En general el agua para las edificaciones proviene de las siguientes fuentes:

- Red de Agua Municipal.
- Pozos de agua dentro del predio.
- Distribución por carro-tanque.
- Fuentes de agua superficiales (ríos, lagos, etc.).
- Captación de agua de lluvia.

Los sistemas domésticos de abastecimiento de agua son tan antiguos como la historia de la construcción, pues desde tiempos remotos se procuró la construcción de edificaciones cerca de las fuentes de agua. Por otra parte las corrientes de agua permitían también la disposición de los desechos lejos de las viviendas. Las redes hidro-sanitarias que construimos hoy en día tienen el propósito de distribuir agua potable, limpia y segura, a las diferentes partes de una edificación en donde se requiera agua, sin embargo el uso de agua en las edificaciones genera la necesidad de proveer de un sistema de desagüe para eliminar las aguas después de haberse usado y ensuciado, es decir que se requiere de una red cuyo propósito es eliminar el agua residual.

Características de las Aguas Naturales

Entre los parámetros comúnmente evaluados que nos dan indicios sobre la calidad de las aguas naturales, tenemos los siguientes: sólidos suspendidos, turbidez, olor, sólidos disueltos, dureza y demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

El agua disponible en tierra firme, proviene de fuentes subterráneas o superficiales, en ambos casos al contacto con el terreno el agua disuelve sustancias presentes en el, mientras mayor sea el contacto con los suelos y los minerales, mayor será la concentración de sales disueltas, es por ello que las fuentes subterráneas usualmente contiene más sales. Las impurezas químicas más comunes en el agua son las siguientes; calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, cloruros,

nitratos y sulfatos. Trazas de otros iones como hierro, cobre, plomo, arsénico, manganeso y una amplia variedad de compuestos orgánicos, es común. La mayoría de los compuestos inorgánicos, provienen del terreno, mientras que los compuestos orgánicos provienen de cuatro fuentes principales; materia orgánica en descomposición, irrigación agrícola, aguas residuales y vertido inadecuado de residuos contaminantes.

De las impurezas mencionadas anteriormente, una de las que recibe más atención, es la dureza; que es provocada por cationes (iones positivos) multivalentes, comúnmente; magnesio y calcio. Para fines prácticos, la dureza del agua puede ser representada como la suma de la concentración de calcio y magnesio en equivalentes⁸ químicos por metro cúbico o miliequivalentes por litro. Una convención antigua que todavía se usa consiste en expresar la dureza como gramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por metro cúbico de agua.

Los iones asociados con la dureza se precipitan con facilidad causando incrustaciones y en particular reaccionan con el jabón causando costras difíciles de remover. Las incrustaciones ocasionadas por la dureza causan la obstrucción de tuberías y daños a calderas y calentadores, reducen los coeficientes de transferencia calórica y modifican la resistencia al flujo.

Además las altas durezas confieren un mal sabor al agua y pueden incrementar el riesgo de padecer “cálculos” si se consumen continuamente aguas duras.

Por otra parte la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro usado para determinar el grado de contaminación biológica y mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos. Esta prueba consiste en medir el oxígeno equivalente de la materia orgánica tras reaccionar con un oxidante fuerte en un medio ácido a temperatura alta, usualmente se usa dicromato de potasio como el agente oxidante. Adicionalmente se agrega sulfato de plata como catalizador para asistir en la oxidación de ciertos compuestos orgánicos resistentes. La cantidad de materia orgánica se mide por diferencia entre la cantidad de dicromato agregado y la cantidad de dicromato residual y se reporta en términos de equivalentes de oxígeno requeridos en la oxidación de la materia orgánica. Las características biológicas del agua, están relacionadas con las poblaciones de microorganismos presentes. Este factor es muy importante pues el agua puede servir como medio de transmisión para muchos microorganismos patógenos.

⁸ *Equivalente en gramos del peso atómico o molecular, dividido entre el número de cargas eléctricas con las que trabaja (reacciona) cierto ion.*

Además los microorganismos pueden causar malos olores y color desagradable y provocan también corrosión y taponamiento de instalaciones hidráulicas y cambiadores de calor. La siguiente tabla da una idea de los tipos de microorganismos que comúnmente están presentes en las aguas naturales

| Reino | Miembros representativos |
|-------------|---|
| Animal | Crustáceos, gusanos, rotíferos (animales microscópicos rudimentarios que habitan medios húmedos). |
| Vegetal | Plantas acuáticas, espermatofitas (plantas con semillas), musgos. |
| Protista | Protozoarios (Paramecium spp., Euglena spp., Ameboideos). |
| Superiores | Algas, hongos, mohos y levaduras. |
| Primitivos* | Cianobacterias (Algas verde-azules), bacterias. |

Tabla 2. Tipos de microorganismos comunes en las aguas naturales.

* Organismos "Procarióticos" cuyas células no tienen núcleo definido.

El Agua Potable

El agua potable es aquella cuyas características físicas, químicas y biológicas la hacen apta para ser bebida. A continuación se presenta una tabla que enlista de manera general la calidad que debe tener el agua para poder ser distribuida para consumo humano.

Tabla 3. Parámetros de calidad del agua potable.

| Parámetro | Unidades de medida | Valor |
|-------------------------|-------------------------------|-----------|
| Color | mg/L Pt-Co ⁹ | 1 a 20 |
| Turbidez | NTU ¹⁰ | 0.4 a 4 |
| Olor | Número de diluciones a 25° C | 3 |
| Sabor | Número de diluciones a 25° C | 3 |
| pH | Unidades de Ph | 6.5 a 8.5 |
| Sólidos suspendidos | mg/L | 0 |
| Detergentes | µg/L | 200 |
| Dureza total | Como mg CaCO ₃ / L | 60 |
| Hierro | µg/L | 50 a 200 |
| Cobre | µg/L | 100 |
| Plomo | µg/L | 50 |
| Arsénico | µg/L | 50 |
| Mercurio | µg/L | 1 |
| Coliformes totales * | Individuos en 100 ml | 0 |
| Estreptococos fecales * | Individuos en 100 ml | 0 |

⁹ La unidad para medir el color en el agua aceptada a nivel internacional, se basa en una solución de cloroplatinato de sodio conteniendo un miligramo de platino por litro y la escala se extiende desde 1 hasta 500 mg/L de platino. A la solución se le agrega cloruro de cobalto para intensificar el color y el brillo, por ello las unidades se expresan como mg/L de Pt-Co. Esta forma de expresar el color se conoce comúnmente como escala de Hazen.

¹⁰ Unidad nefelométrica de turbidez (NTU) = 1 parte por millón de formazina estándar en agua destilada.

El agua corriente que es suministrada a las edificaciones por las redes municipales, es agua potabilizada que se usa en mayor medida para otras actividades diferentes de beberla y usarla para cocinar. La tabla siguiente da una idea rápida sobre las proporciones de agua usadas en la vivienda urbana para los usos más comunes.

Proporción de utilización del Agua en la Vivienda

| Destino del Agua | % Agua usada |
|-------------------|--------------|
| Beber y Cocinar | 8 |
| Sanitarios | 32 |
| Lavamanos | 10 |
| Baños y duchas | 20 |
| Lavar los trastos | 9 |
| Lavado de ropa | 12 |
| Aseo del inmueble | 4 |
| Otros | 5 |

Tabla 4. Porcentaje de uso de agua en la vivienda. Tabla elaborada según datos de Gray 1996

En términos generales, la demanda de agua varía a lo largo del día (variación diurna), siendo los horarios de mayor consumo de las 08:00 horas a las 12:00 horas y de las 17:00 a las 20:00 horas. La demanda también varía a lo largo de la semana, siendo mayor durante el fin de semana. A lo largo del año también hay variaciones, siendo las épocas calurosas (primavera y verano) las de mayor consumo.

Potabilización

La potabilización comprende una serie de procesos para hacer que el agua sea apta para ser bebida. Los procesos de potabilización pueden variar un poco según la calidad del agua usada, pero en forma general los procesos que se siguen son los siguientes:

1. Captación de la fuente: de pozos o cuerpos de agua superficiales.
2. Cribado: a través de rejillas.
3. Sedimentación: en tanques de volumen tal que se rompe la velocidad del flujo de agua.
4. Aireación: se consigue por burbujeo de aire desde el fondo de tanques en plantas de tratamiento pequeñas y en plantas grandes también se consigue a través de cascadas o borboteo en una fuente.
5. Coagulación y Floculación: que se logra con la adición de sales como el alumbre (sulfato de aluminio), el hidróxido de aluminio o una mezcla de sulfato de hierro con cal.

6. Clarificación: bombeo del agua desde el fondo de un tanque para eliminar los flóculos.
7. Ablandamiento: es la eliminación de la dureza de carbonatos, que usualmente se consigue por precipitación del calcio y magnesio en forma de sales insolubles, lo cual se consigue al agregar cal al agua.
8. Eliminación de hierro y manganeso: que se eliminan con aireación y filtrado rápido en filtros de arena.
9. Ajuste del pH: esto se hace para evitar cualquier posible corrosión de las líneas de conducción en caso de acidez (pH menor de 7) o en el caso de alcalinidad (pH mayor a 7) evitar la formación de incrustaciones, para aumentar el pH se puede agregar cal o sosa y para reducirlo se agrega algún ácido como el clorhídrico.
10. Desinfección: este es el proceso por el cual se eliminan los microorganismos del agua, se puede realizar de muchas maneras y dependerá del tamaño de la planta el tipo de agua y el presupuesto; se pueden eliminar los microorganismos por microfiltración, cloración (con cloro gas o hipoclorito de sodio), ozonización o exposición a luz ultravioleta.



Cuernavaca, Morelos, México.

Fig. 2 Manantial subterráneo, "el Túnel" en



CIVAC, Morelos, México.

Fig. 3 Tanques de Cloro gas para desinfección de agua en

Fuentes de Agua Fría

En las sociedades industrializadas de hoy día la mayoría de las edificaciones reciben su agua directamente desde un sistema municipal de aprovisionamiento de agua a presión a través de una red de tuberías, que usualmente es subterránea. Por otra parte en las áreas rurales, todavía es común que las edificaciones obtengan su agua de pozos. Esto también es común en algunas zonas industriales, donde las fábricas tienen sus propios pozos de agua (fotografía inferior). Fabricas y comercios, pero también algunas viviendas cuentan con cisterna o tanques de agua y el agua se bombea a la edificación, ya sea para suplir la falta de presión de la red municipal o para compensar por un abasto intermitente del agua. Estos sistemas de abastecimiento son denominados “abastecimiento frío” pues el agua se distribuye por la red de la edificación a la temperatura de suministro (extracción). Los servicios sanitarios son los principales consumidores de agua fría, en particular los escusados, pero el agua potable fría se usa también en los lavamanos, fregaderos, bañeras, duchas, bebederos, humectadores (rociadores), y también en electrodomésticos como lavavajillas y las maquinas de hielo. El agua fría también se suministra a los calentadores de agua.



Fig. 4 Planta de la empresa Vetrotex que se abastece de agua de pozo y la almacena en un tanque elevado, Ciudad Industrial Xicoténcatl 1, Tlaxcala, México.

Fuentes de Agua Caliente

El agua caliente doméstica se obtiene usualmente dentro de la edificación misma, por medio de calentadores de agua o calderas. En algunas ciudades existe sin embargo un sistema de abastecimiento de agua caliente a través de una red municipal de calefacción. El agua ya caliente se distribuye por tuberías a las edificaciones para que llegue a donde se le necesita, como por ejemplo; al cuarto de baño, la lavandería, la cocina, etc.

Accesorios y Aparatos (Electrodomésticos)

Los accesorios son los dispositivos que utilizan el agua sin una fuente adicional de energía. Incluyen, por ejemplo:

1. Grifería.
2. Escusados.
3. Míngitorios.
4. Lavamanos, fregaderos, y lavaderos.
5. Bañeras y duchas
6. Bebederos.

Los electrodomésticos por otra parte, son aquellos dispositivos que utilizan el agua junto con una fuente adicional de energía. Algunos ejemplos son:

- Lavavajillas.
- Lavadoras.
- Frigoríficos con fábrica de hielo
- Calentadores de agua.
- Sistemas de potabilización o purificación.

El agua en las Edificaciones



Fig. 5 En la industria el intercambio calorífico de muchos procesos se hace a través de torres de enfriamiento que usan el agua como vehículo para transportar el calor fuera de un proceso.

Se puede decir que todos estamos familiarizados con los usos del agua en la vivienda; la usamos para beber, cocinar, para asearnos, para lavar la ropa, asear la vivienda, riego e inclusive para la

recreación. En el comercio y la industria, también se usa para beber y cocinar y para las actividades de aseo, pero también forma parte de los procesos específicos de cada empresa, puede usarse para hacer soluciones de sustancias químicas, para elaborar alimento o como medio de intercambio calorífico (figura pág. anterior), entre muchas otras aplicaciones.

La Instalación Hidráulica

A continuación se presenta una breve descripción sobre las características generales de las instalaciones que proveen el agua en las edificaciones, a las cuales denominamos “Instalaciones Hidráulicas”.

La instalación hidráulica es el conjunto de tuberías (usualmente de hierro o cobre) que conducen el agua desde la toma principal (la que provee el agua para el predio) a las diferentes partes del predio y de la edificación en donde se requiera agua para las actividades del lugar. En México el agua llega a los predios usualmente a través de una red municipal y se conduce a tanques elevados a los que se denomina “tinacos” y el sistema es alimentado por gravedad, determinándose la presión por la altura de la columna de agua. A partir de este punto el agua se distribuye a los sanitarios, las cocinas y lavanderías, talleres y patios, etc.

Desde la fase de planeación antes de comenzar construir se debe considerar la distribución de espacios y habitaciones en donde se usara el agua, de manera que los trazos de las tuberías se hagan antes de colocar pisos y muros.

En el caso específico de las viviendas, para la construcción de una red hidráulica básica se siguen los 10 pasos descritos a continuación.

Consideraciones para la instalación de la Red Hidráulica Doméstica

1. La cocina, lavandería, sanitario y el taller si lo hubiese, se construyen cerca unos de otros a manera de que en lo posible toda la tubería corra por los mismos muros.
2. Sobre la toma principal, después del medidor instalado por la municipalidad, se instala una válvula de paso, después una unión “T” que conectará por la parte perpendicular con la línea que va al tinaco y por la otra parte a un grifo o “llave de nariz”.
3. Para llevar el agua de la toma principal al tinaco se usa tubo de hierro galvanizado de 13 milímetros (media pulgada). Este tubo debe correr cuando menos a un metro de distancia de las líneas del drenaje.

4. El tinaco se colocará medio metro por encima de la azotea y por lo menos a dos metros por encima de la altura de las regaderas, para tener una buena presión en todas las salidas de agua.
5. Para la salida del tinaco se usa tubería de hierro de 18 milímetros ($\frac{3}{4}$ de pulgada), que llevará una “T” para instalar un tubo de purga con una válvula de globo, para cuando sea necesario purgar el tinaco.
6. Es importante considerar la altura de los tubos desde el piso hasta cada mueble y accesorio; 79 centímetros para el lavamanos, 38 centímetros al escusado, 137 centímetros a las llaves de la regadera, 90 centímetros a lavaderos y fregaderos.
7. Las salidas de agua caliente se instalan del lado izquierdo.
8. El calentador de agua (boiler) debe colocarse fuera de los espacios que se habitan. Además debe instalársele un jarro de aire.
9. Las tuberías de agua fría y caliente deben estar separadas a una distancia no menor de 15 centímetros.
10. Al terminar de colocar la instalación, se hace una “prueba de presión” llenando todas las tuberías de agua, para verificar que no existan fugas y que se tenga la presión suficiente.

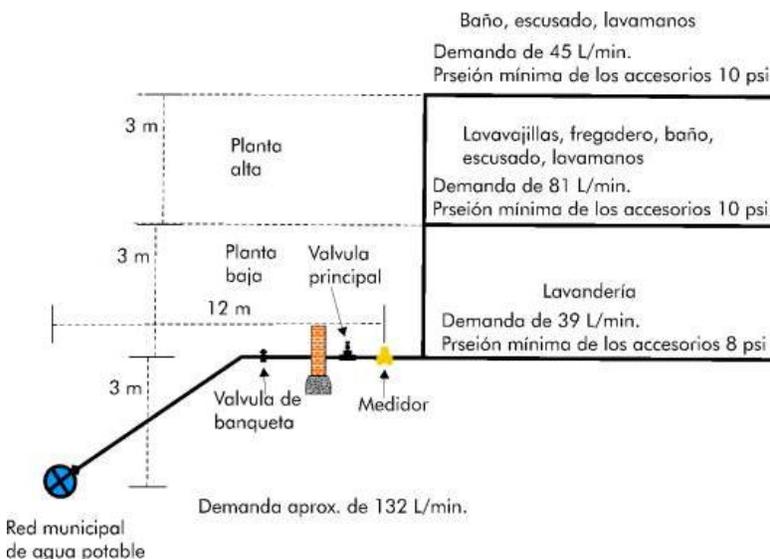


Fig. 6 Esquema simplificado que muestra el abastecimiento de agua a un domicilio desde la red municipal. Modificado de Alth M., MANUAL DE PLOMERÍA e INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, 1993. No a escala

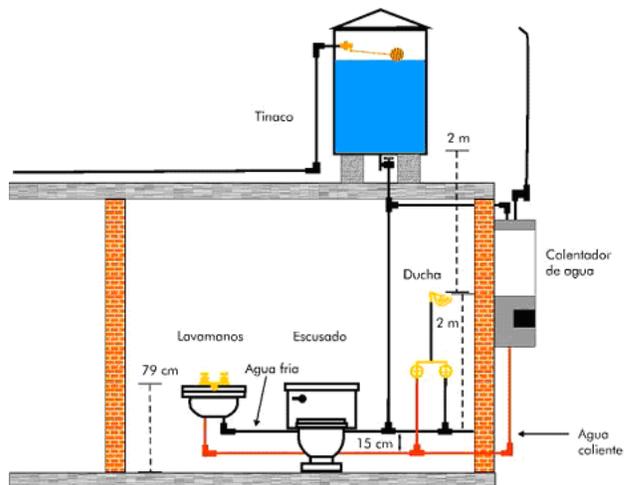


Fig. 7 Disposición común de la instalación hidráulica de un cuarto de baño en una casa mexicana. Modificado de CEMEX, MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA, 1984. No a escala.

Aguas Residuales y Drenaje

Las aguas residuales, son las aguas suministradas por la red hidráulica que han sido ensuciadas después de haber sido usadas en la comunidad para sus diversos propósitos.

Las aguas residuales son la combinación del líquido y otros residuos arrastrados provenientes de las viviendas, instituciones, comercios y establecimientos industriales, combinada en diversas proporciones con agua de otras procedencias, como el agua pluvial.

Las aguas residuales contienen numerosos microorganismos patógenos que habitan el tracto intestinal humano así como otras sustancias peligrosas provenientes de la actividad industrial.

Por otra parte, el agua residual doméstica, contiene materia orgánica con nutrientes que pueden contribuir al crecimiento de vida vegetal.

La Instalación Sanitaria

A través de la instalación sanitaria se elimina el agua utilizada, así como los desechos de la casa y de sus habitantes, que se mandan hasta el sistema de drenaje municipal o fosa séptica (de no haber sistema de drenaje en el lugar). En el caso de las viviendas se presentan los siguientes siete pasos básicos para la instalación de una red sanitaria.

1. Los tubos de salida de los muebles de la cocina y los servicios sanitarios, deben ser del mismo diámetro.

2. La tubería horizontal debe tener una pendiente de 2 centímetros por metro (1/4 de pulgada por cada pie). Es decir que por cada metro de tubo exista una inclinación de 2 centímetros en dirección del drenaje.
3. En el cuarto de baño se recomienda la instalación de dos cespoles (trampas) “de bote”. Uno para la regadera y el otro para la limpieza del piso del sanitario. Se puede sin embargo simplificar usando un solo cespole para la regadera que sirva al desagüe de la regadera, del lavamanos y para desaguar cuando se lava el baño.
4. La tubería que va al drenaje no debe nunca tener contrapendientes, es decir tramos de pendiente contraria a la dirección del flujo.
5. Los recorridos de las tuberías deben ser lo más rectos posibles, en caso de cambiar la dirección de la tubería es necesario poner otro cespole.
6. Las uniones de los tubos de los diferentes muebles deben formar un ángulo de 45 grados.
7. Es necesario instalar tuberías de ventilación como parte de la instalación sanitaria.

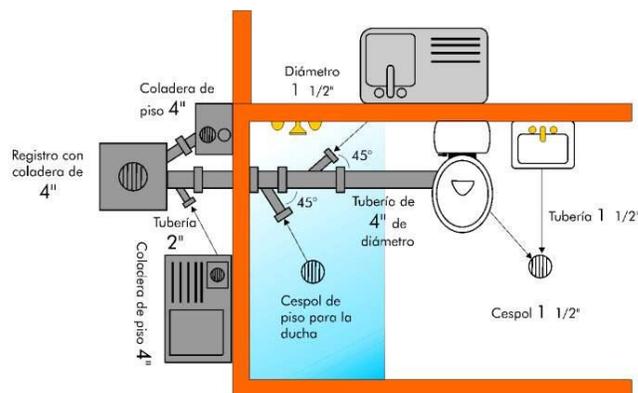


Fig. 8 Disposición común de la instalación sanitaria de un cuarto de baño en una casa mexicana. Modificado de CEMEX, MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA, 1984. No a escala.

Breve descripción sobre el Drenaje Municipal

A la red de drenaje municipal, se le llama también comúnmente red de alcantarillado, es la obra de infraestructura consistente de las tuberías y accesorios que sirven para colectar y transportar las aguas residuales de una comunidad hasta el sitio donde serán tratadas, después de lo cual son vertidas de regreso al entorno.

Las redes de alcantarillado son sistemas que operan básicamente por gravedad y a presión atmosférica, aunque en ocasiones debido a las condiciones del terreno o requerimientos de

operación, se puede tener que operar a presiones positivas o negativas en tramos de la red que son comparativamente cortos.

En forma simple los sistemas de drenaje municipal se clasifican de acuerdo a las características de las aguas que transportan en:

- Drenajes mixtos

Son un único sistema de tuberías que transportan tanto las aguas del escurrimiento pluvial, junto con las aguas servidas domésticas y las procedentes de la industria el comercio y los servicios. Es el tipo más antiguo de sistema de alcantarillado (es el que todavía se utiliza de común en México).

- Drenajes separados.

Son un sistema que transporta por tuberías separadas las aguas residuales. Por una red pasa el agua residual de los domicilios y comercios, que contiene materia orgánica principalmente, por otra red se conduce el agua proveniente de las industrias y por otra red el agua del escurrimiento pluvial. De esta manera es más fácil y eficiente el tratamiento de las aguas servidas y por otra parte se evita la pérdida del recurso hídrico de procedencia pluvial.

La separación de las aguas reduce los costos de tratamiento y simplifica la operación en si, pues los caudales por tratar son menores y más constantes tanto en volumen como en concentración. La separación de los drenajes también reduce la probabilidad de desbordamientos especialmente durante la temporada de lluvias.

El tratamiento de las aguas residuales comienza con un tratamiento primario consistente en operaciones unitarias tales como el cribado y la sedimentación, para remover los sólidos flotantes y precipitables. En la fase del tratamiento secundario, se recurre a procesos químicos y biológicos para remover la mayor parte de la materia orgánica. En la fase del tratamiento terciario, se recurre a métodos de tratamiento más específico que ayuden a remover ciertos contaminantes como el nitrógeno y el fósforo, que no son del todo eliminados por los tratamientos secundarios. Una forma de tratamiento denominada “*Land Treatment*” o Sistema Natural combina tratamiento físico, químico y biológico, con disposición al terreno, para producir agua con una calidad similar a la de plantas de tratamiento avanzado.

1.4 IMPACTO HUMANO SOBRE EL AGUA

Una gran proporción de los problemas ambientales que padecemos, proviene de impactos directos o indirectos sobre el ciclo hidrológico. Estos impactos pueden categorizarse en tres áreas:

1. Cambios sobre la superficie terrestre.
2. Contaminación.
3. Sobreexplotación.

Cambios en la superficie terrestre

En la mayoría de los ecosistemas naturales, hay poco escurrimiento, en cambio la precipitación es captada por la vegetación e infiltrada en el terreno pasando a recargar los acuíferos y luego brota gradualmente en los manantiales. Al desmontarse la vegetación natural del entorno y al urbanizarse, el agua ya no es adecuadamente retenida por el terreno y en vez de existir una infiltración normal hay mayor escorrentía y el agua corre hacia los ríos en forma casi inmediata, estas repentinas avenidas de agua a los ríos no solo son causa de desbordamientos, además arrastran toda clase de sedimentos y material erosionado del terreno. El cambio en la superficie de los terrenos provoca entonces; inundaciones, erosión de la capa fértil, contaminación de los ríos y agotamiento de los acuíferos.

Contaminación

Como se vio anteriormente, el ciclo del agua tiene impacto en toda la biosfera, de manera que en donde sea que se depositen contaminantes, estos inevitablemente se introducirán en el ciclo hidrológico. Cualquier tipo de humo o aerosoles que se manda a la atmósfera, regresa como precipitaciones contaminadas, tal es el caso de la “lluvia Ácida”. Cualquier sustancia que se deposite en el suelo, llegará al ciclo hidrológico; fertilizantes y pesticidas usados en agricultura, o cualquier otra sustancia que sea desechada en el terreno, llegará a los arroyos y ríos o a los acuíferos. Así los contaminantes en la basura que se entierre sin tomar las previsiones al respecto (proteger el terreno con geotextil impermeable), llegaran a los acuíferos. Por supuesto el agua usada para arrastrar los desperdicios de las sociedades humanas, es decir las aguas residuales, llevara todos aquellos contaminantes generados por las casas e industrias del lugar a los cuerpos de agua superficiales y así llegaran a ríos, lagos y mares.

Sobreexplotación de los Recursos Hídricos

La extracción de agua de los acuíferos en una tasa mayor a la tasa de recarga de estos, provoca no solo problemas de desabasto para las poblaciones, también son la causa del hundimiento de terrenos y el agotamiento de manantiales que contribuyen a mantener los caudales de cuerpos de agua superficiales en las épocas de estiaje.

Tanto las aguas superficiales, como las subterráneas son hoy por hoy objeto de una explotación intensa, para analizar las consecuencias de la sobreexplotación del agua a continuación se presenta por separado el caso para las aguas superficiales y las subterráneas.

Consecuencias de la Sobreexplotación de las Aguas Superficiales

En la naturaleza hay años con lluvia abundante y años secos y como regla popular se considera que en algún momento durante un periodo de 20 años, el agua puede bajar hasta un 30% de los promedios anuales y por tanto no se debe de extraer más del 30% del caudal promedio de un río. Es muy común usar el agua de los ríos como fuente de abastecimiento para las poblaciones y para ello usualmente se construyen presas, que pueden ser en si obras de ingeniería con un carácter benéfico, ya que promueven el almacenamiento de agua para abastecer a las poblaciones, pueden aprovecharse para generar energía y también suelen ser lugares de esparcimiento y fuentes de agua para la agricultura y la piscicultura, sin embargo cuando se represa un río ocurren cambios inevitables en el entorno. Aguas debajo de la presa, las poblaciones y ecosistemas que dependían del agua del río, ven disminuida su dotación normal de agua, esto impacta de manera muy notoria a los peces y la vida acuática del río y también afecta los zonas húmedas en la margen del río de las cuales dependen muchos animales para obtener agua o para obtener su alimento. Este problema se extiende hasta los estuarios, que es donde el agua de los ríos se incorpora al océano y se trata de algunos de los ecosistemas acuáticos más productivos, en donde se reproducen muchos peces, aves y crustáceos, al detener el flujo de agua normal a los estuarios, la concentración de sal aumenta afectando profundamente el ecosistema del estuario.

Consecuencia de la Sobreexplotación de las Aguas Subterráneas

Para aumentar la disponibilidad de agua dulce para las poblaciones humanas, las sociedades han recurrido cada vez más a la extracción de agua del subsuelo y los avances en cuanto a tecnología

de perforación y bombeo lo han convertido en una opción económicamente viable, sin embargo el agua subterránea no es un recurso ilimitado y la sustentabilidad de este recurso depende de un balance entre la extracción y la tasa de recarga. En algunos casos los acuíferos explotados se formaron eras geológicas atrás, cuando el clima y las condiciones del lugar permitieron mejor infiltración, pero que actualmente no existen las condiciones para la recarga de estos acuíferos, en estos casos se habla de “aguas fósiles”.

Dado que la explotación de aguas subterráneas rebasa la capacidad de recarga de los acuíferos, una situación común en muchas partes del mundo es la disminución en el nivel freático, el descenso del nivel freático, no solo afecta la disponibilidad de agua y hace necesaria la perforación de pozos más profundos, al bajar el nivel freático, algunos manantiales se secan y también se pierden algunos humedales. Uno de los eventos más dramáticos asociados al descenso en los niveles freáticos, es la subsidencia, que es el hundimiento del terreno al irse sacando el agua contenida en el subsuelo, esta subsidencia afecta los cimientos de los edificios, rompe las tuberías de agua y drenaje y en algunos casos graves, como en las zonas donde existen cavernas subterráneas, se puede producir el colapso espontáneo del techo de la caverna con todo y el terreno por encima formándose grandes hoyos en donde pueden caer vehículos y hasta casas. Otra consecuencia del descenso de los niveles freáticos en las zonas costeras, es la “Intrusión de Agua Salina” que ocurre cuando al disminuir el nivel freático, disminuye la presión del agua subterránea en la orilla y entonces su lugar es ocupado por agua salada del océano que se filtra hacia tierra adentro, afectando la calidad del agua de los pozos de las poblaciones costeras.

Eutrofización

Es el incremento de sustancias nutritivas en cuerpos de agua dulce y tranquila, como los lagos y estanques, que se relaciona con el enturbiamiento del agua y la muerte de sus formas de vida complejas.

La eutrofización sucede cuando cantidades inusualmente elevadas de sustancias nutritivas ricas en fósforo y nitrógeno se vierten a los cuerpos de agua, estas sustancias nutritivas vienen con los escurrimientos de fertilizantes usados en los campos agrícolas y también con las aguas residuales domésticas que contienen detergentes fosforados y grandes cantidades de materia orgánica de los servicios de sanitarios y de lavado de las viviendas. Estas sustancias ricas en nutrientes, provocan un crecimiento explosivo de fitoplancton, que son conglomerados de organismos microscópicos, formados por numerosas especies de algas, cianobacterias (bacterias con clorofila para realizar

fotosíntesis) y diatomeas, que viven en forma de células aisladas o agrupadas como filamentos. Este crecimiento explosivo de fitoplancton, comúnmente es referido como “Blooming de Algas” que es un término prestado del Inglés *Algal Blooming*, literalmente florecimiento de algas. Cuando el plancton prolifera en forma acelerada, se forma sobre la superficie una capa verde espesa de estos organismos, que bloquea la luz del sol que ya no puede pasar para alcanzar a las plantas acuáticas sumergidas, que son llamadas “Plantas Bentónicas”, que son plantas complejas con raíces adheridas al fondo y frondas que se extienden por debajo de la superficie del agua o en algunas especies las frondas alcanzan la superficie, como por ejemplo los lirios acuáticos. Estas plantas a través de la fotosíntesis liberan oxígeno al agua, mientras que el fitoplancton por estar flotando sobre la superficie libera su oxígeno directamente a la atmósfera, así al faltarle la luz a la vegetación sumergida, esta muere y el cuerpo de agua pierde su fuente de oxígeno disuelto. Al morir la vegetación sumergida y faltar el oxígeno, mueren también los animales que viven en esas aguas, tales como peces y crustáceos, entonces los organismos muertos se van al fondo en donde bacterias comienzan a descomponer los restos, el metabolismo de estas bacterias consume todavía más oxígeno y así este se agota por completo. En condiciones normales un cuerpo de agua dulce tranquilo, no contiene demasiados nutrientes disueltos en el agua, a estas condiciones se les llama “Oligotróficas” y se caracterizan por la presencia de un agua más bien clara y transparente con vegetación sumergida que produce oxígeno desde la parte profunda del agua, que se mantiene disuelto por más tiempo.

No solo las aportaciones de nitrógeno y fósforo provocan la eutrofización de los cuerpos de agua, también la acumulación de sedimentos acelera la eutrofización. La erosión del suelo en los terrenos de cultivo, la deforestación, los sitios de construcción, la minería, entre otras causas, son el origen de sedimentos que entran en los cuerpos de agua, estos sedimentos son; arenas, arcillas y grava. Cuando hay una baja deposición de sedimentos en los ríos y arroyos, el agua es clara y en el fondo se desarrolla vegetación sumergida que proporciona oxígeno disuelto, además de estas plantas los detritos de vegetación en las orillas, proporcionan el sustento para una compleja cadena alimenticia que incluye; gusanos, insectos y larvas, moluscos, crustáceos y peces. Cuando grandes cantidades de sedimentos entran a los cuerpos de agua; la arena, la arcilla, la grava y el humus, al entrar a las corrientes se separan rápidamente y son transportados a diferentes velocidades. La materia orgánica y la arcilla, quedan suspendida en el agua, enturbiándola y reduciendo la penetración de la luz solar y aun cuando en su trayecto se va precipitando, estos materiales lo cubren todo bloqueando la fotosíntesis además de que obstruyen las agallas de los animales acuáticos y dañan sus huevecillos. Igualmente dañina es la deposición de las gravas y

arenas, que no se va suspendida con la corriente, si no que se depositan en el fondo a lo largo del trayecto, mientras estos materiales ruedan por el fondo, aplastan y desprenden las formas de vida que están adheridas a las rocas y al fondo y sepultan las guaridas de los peces y otros animales. Además los sedimentos van llenando el cuerpo de agua y reduciendo su volumen.

Los Contaminantes en el Agua Residual

Las aguas residuales son un factor importante de riesgo para las poblaciones, ya que son ruta para diseminación de enfermedades, pues la materia fecal de humanos y animales, contiene grandes cantidades de organismos patógenos.

El agua residual cruda es la que proviene de los servicios de las edificaciones y que transporta material de desecho, es el agua que fue usada en la cocina, en las duchas y sanitarios, en las lavanderías y talleres. En términos generales, se puede decir que para transportar pequeñas cantidades de material de desecho, se usan grandes cantidades de agua; el agua residual cruda contiene apenas un centésimo de materia de desecho y aproximadamente el 99% es agua. Los materiales de desecho en las aguas residuales se pueden dividir en cuatro categorías:

1. Basuras y arenas.

Es material grueso arrastrado por el agua, como; textiles, plásticos, madera, arena y tierra.

2. Partículas de materia orgánica.

Son materia orgánica gruesa, como; restos de comida, materia fecal, papel sanitario. En esta categoría también se incluyen a los microorganismos y parásitos asociados a las excretas. Una de las características de los desechos en esta categoría es que se sedimentan una vez que el agua esta quieta.

3. Materia orgánica coloidal o disuelta.

Tiene el mismo origen que los materiales de la categoría anterior, pero la diferencia esta en el tamaño de las partículas, que es lo suficientemente pequeño, para mantenerse suspendida en el líquido y no sedimentar. En esta categoría se encuentran también muchos otros microorganismos. Algunas de las sustancias orgánicas que se encuentran en solución dentro de esta categoría, incluyen a los detergentes y jabones.

4. Materia inorgánica disuelta.

En esta categoría el fósforo y el nitrógeno, así como otras sales.

Además de la materia descrita en las cuatro categorías anteriores, el agua residual cruda, también contiene cantidades variables de sustancias tóxicas, como; pesticidas, metales pesados, hidrocarburos, solventes y demás, que llegan al drenaje cuando la gente desecha restos de productos que contienen estas sustancias por los fregaderos, lavabos y escusados. Además algunas industrias descargan sus residuos a los sistemas de alcantarillado.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 1

- El agua es una sustancia química formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno.
- En condiciones naturales el agua es incolora, inolora e insaborada.
- En las sociedades humanas el agua tiene muchas aplicaciones que van desde las relacionadas con apagar la sed y cocinar, al uso del agua en actividades industriales como disolvente, materia prima y fluido de trabajo.
- El agua se encuentra cada vez bajo un mayor nivel de estrés, por cambios en la superficie terrestre, la contaminación y la sobreexplotación, condiciones provocadas principalmente por la actividad humana.
- El agua corriente que es suministrada a las edificaciones por las redes municipales, es agua potable que se usa en mayor medida para otras actividades diferentes de beberla y usarla para cocinar.
- La potabilización del agua implica muchos procedimientos y un gran esfuerzo y consumo de energía.
- Las viviendas consumen más de una tercera parte del agua que se distribuye en ciudades y poblados.
- El uso de agua en los sanitarios de las viviendas consume el 32%, mientras que beber y cocinar solo consume alrededor de un 8%.

Capítulo 2

LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

2.1 TÉCNICAS DE CAPTACIÓN PLUVIAL DE LA ANTIGÜEDAD (ANTECEDENTE HISTÓRICO DE LA CAPTACIÓN PLUVIAL)



Fig. 9 Sistema de captación de agua de lluvia de la era neolítica en Matera, Italia.

A partir de la revolución agrícola del neolítico y con el surgimiento de las primeras civilizaciones, surge también la necesidad de asegurar de forma constante el suministro de agua para la subsistencia de los seres humanos y de sus ganados y cultivos, las sociedades pasan del estilo de vida de los “Cazadores-Recolectores” a un estilo de vida urbano. Las primeras civilizaciones se asentaron por ello en zonas cercanas a ríos y a fuentes de agua y comenzaron a construir las primeras obras de irrigación y de abastecimiento de agua para sus aldeas y ciudades. Sin embargo en algunas zonas la disponibilidad de agua no era abundante o las fuentes de agua superficial no eran de la mejor calidad, surge así la idea en diferentes partes del mundo, de captar agua durante la temporada de lluvias, agua que por provenir de la condensación del vapor de agua en las nubes, constituye una fuente de agua dulce de buena calidad para beber. En Jericó, en Israel, con la aparición de primitivos asentamientos agrícolas en el Valle del río Jordán, que subsistían gracias a la siembra del trigo y la cebada en una región en donde el rango de precipitación anual es de 300 mm al año, el mínimo necesario para la agricultura, surge la necesidad de aprovechar al máximo las escasas precipitaciones y coleccionar y guardar tanta agua como se pudiera cada vez que ocurriesen las lluvias. Así estos agricultores comenzaron a excavar en el terreno cisternas que se llenaban con agua durante las lluvias.

En Dholavira en el Valle del Indo existen ruinas arqueológicas de hace unos 5000 años pertenecientes a la civilización Harapata. Esta civilización se asentó en una zona desértica que en la época del monzón queda rodeada por el agua, por lo que una de las características únicas de Dholavira es un sofisticado sistema de recolección de agua, con canales y embalses, tal vez el más antiguo del mundo y totalmente construido en piedra.



Fig. 10 Depósito abierto en Dholavira, India.

En Cnosos, Creta, se han encontrado sofisticados sistemas de captación de agua de lluvia, que se remontan unos 3700 años en el pasado, mil años antes de la época Griega Clásica. Gran parte del abasto de agua de la civilización Minoica que habitó en Creta, dependía de la captación de agua de lluvia, para lo cual contaban ya con un sistema de captación bastante tecnificado, que recogía la lluvia de los techos y la conducía por un elaborado sistema de canales y tuberías de terracota hasta cisternas y piletas en donde se almacenaba para su uso. Las siguientes imágenes ilustran la técnica empleada por los Minoicos.



Fig. 11 y 12 Canales para conducir el agua pluvial en las ruinas de Cnosos.



Tan avanzado era el sistema de captación pluvial, de los cretenses, que incluía desarenadores para remover las basurillas e inclusive dispositivos para infiltrar el agua de lluvia, hechos con tuberías de terracota rellenas de carbón vegetal que servían como los filtros modernos de carbón activado.

Fig. 13 Canal y desarenador en Cnosos.

Testimonios de la captación pluvial en una zona desértica, se observan al Sur de Jericó, en el desierto del Neguev, en donde los antiguos Israelitas construyeron hace unos 2800 años atrás, importantes sistemas de canalización y grandes cisternas para almacenar el agua de la estación lluviosa y guardarla para el resto del año, tal como se aprecia en el Parque Nacional Tel Be'er Sheva, en Israel.

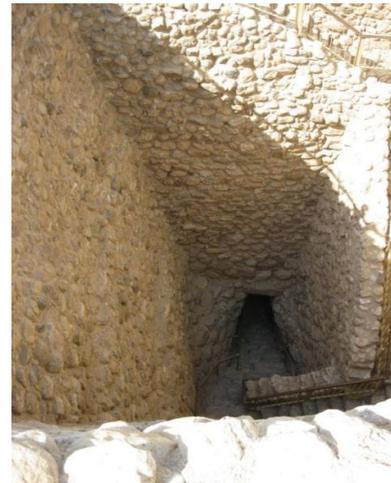


Fig. 14 Cisterna en Be'er Sheva.

Siglos después, en la “Grecia Clásica”, se consideraba al agua como un servicio necesario para la vida urbana y los sistemas de conducción de agua en las ciudades griegas, se construían de manera subterránea, como el “Túnel de Eupalinos” en la isla de Samos, que data del 530 a. de C.

Durante el periodo Helénico, la mayoría de las ciudades griegas contaba con acueductos subterráneos de tuberías, sin embargo en las islas la población dependía sobre todo de la captación de agua de lluvia de techos y patios. Un ejemplo de ello se muestra en las figuras de la parte superior de la siguiente página, que muestran el sitio donde se encontraba el ágora de Dreros y el acceso a la cisterna que la servía.



Fig. 15 y 16 Ubicación de la antigua ágora de Dreros y acceso a la cisterna que la servía.

Los Nabateos, fueron otra civilización que construyó sofisticadas cisternas para coleccionar la escasa precipitación de los lomeríos en el desierto, llevándola hasta un recipiente construido en arcilla el cual funcionaba como filtro para detener las basuras y sedimentos que el agua arrastraba a su paso; posteriormente el líquido caía en cisternas con capacidades de 200 a 300 m³, donde se almacenaba para ser utilizada por el ganado y en las labores domésticas.

Ejemplos de la gran técnica de captación pluvial de los Nabateos, se puede apreciar en Petra, en Jordania. Esta famosa ciudad labrada en la piedra, que fue la capital de los Nabateos, obtenía la mayor parte de su agua de la recolección de agua de lluvia, para lo cual contaban con una avanzada ingeniería de canales y ductos y de cisternas perfectamente cúbicas excavadas en el terreno y en ocasiones revestidas con un duro cemento impermeable.



Fig. 17 Cisterna excavada en la roca en Petra, Jordania

Los constructores romanos, también consideraban los sistemas de captación de agua de lluvia al diseñar y construir las residencias, que incluían cisternas para el almacenamiento de agua con fines de uso doméstico. Ya Vitrubio comentaba sobre la calidad del agua de lluvia y describía con mucha precisión el ciclo hidrológico, proponiendo la construcción de cisternas subterráneas de altos techos y con varios tanques de decantación para promover la sedimentación y la aireación. Uno de los

ejemplos de la técnica romana de captación pluvial, se puede apreciar por ejemplo en la cisterna romana de “Grotta Lacono” en la pequeña isla de Ventotene, Italia, que se muestran a continuación.



Fig. 18 Grotta Lacono o Cisterna de Villa Stefania



Fig. 19 Pozo de infiltración que conduce a la cisterna

Al comienzo de la Edad Media en la época de la caída del Imperio Romano, la captación de agua pluvial siguió siendo de gran importancia, sobre todo en el mediterráneo. Un ejemplo es la “Cisterna de Yerebatan” o de Justiniano, construida a corta distancia de la Catedral de Santa Sofía en Constantinopla, hoy Estambul en Turquía. Esta cisterna con una capacidad de unos 80 mil m³ de agua proveía de agua al Gran Palacio de Constantinopla y otros edificios públicos.



Fig. 20 Yerebatan en Estambul, Turquía.

En Mesoamérica también existen ejemplos de la captación pluvial que datan de estas épocas; así la civilización de los Mayas en la península de Yucatán (300-1000 A.C.), recurría a la construcción de un tipo de aljibe o cisterna, llamado “Chultun” excavado en la roca caliza de la región, que tenía la forma de un embudo que facilitaba el escurrimiento del agua hacia el depósito subterráneo. Los Chultunes eran obras destinadas a recolectar agua de lluvia para uso común de los habitantes de las aldeas.

La primera figura de la siguiente página muestra una vista esquemática de un chultun.

construido en una ladera. En la época de lluvia, por los pozos de acceso ingresan los escurrimientos al canal que mantiene el agua protegida de la evaporación del sol del desierto.

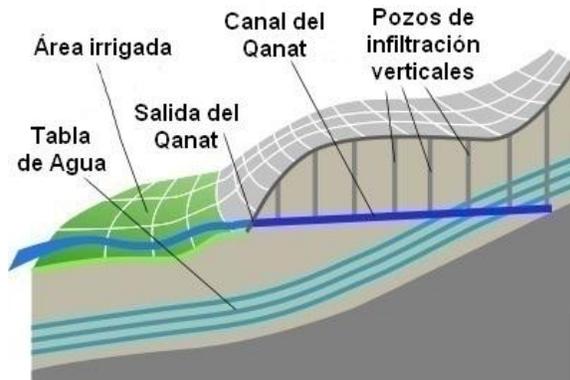


Fig. 24 Vista transversal de un Qanat

La gran tradición hidráulica y de captación pluvial de los musulmanes y los acueductos y cañerías romanos, llegaron al “Nuevo Mundo” con los Españoles, pruebas de ello hay por toda América y en México durante el periodo “Colonial”, era común encontrar diversos sistemas de captación de agua de lluvia en las haciendas, en los conventos y en las casas.

Aún se pueden observar vestigios de estas técnicas en los Conventos de Santo Domingo en Oaxaca, en Actopan en el Estado de Hidalgo, en Tecali en el Estado de Puebla y en el Convento de la Ciudad de Zacatecas.



Fig. 25 Aljibe del Ex Convento de Tecali en el Estado de Puebla.

En la esfera hispana de los siglos XVI y XVII, tanto en el *Viejo Mundo* como en el *Nuevo Mundo*, la construcción de aljibes para captar el agua de lluvia para usarla en las edificaciones, tanto para los servicios, como para beber, era una práctica común y bien tipificada, tal y como de esto se da cuenta en el libro decimo de la obra conocida como “Los Veintiún Libros de los Ingenios y de las Máquinas” de Juanelo Turriano.



Fig. 26 Aljibe abierto del Convento de San Nicolás Tolentino en Actopan, Estado de Hidalgo, México.

En la imagen siguiente, extraída de la página 272 de la obra de Turriano, se puede apreciar un tipo de cisterna construida en piedra con el provisto específico de almacenar agua de captación pluvial. De acuerdo a la explicación que de este dispositivo se da; el agua ingresa al depósito marcado como “A” desde donde se puede usar para los servicios de la casa y desde donde se va filtrando a través de la pared interior hacia el depósito “B” dentro del cual el agua ya filtrada tiene una mayor calidad y frescor que la hacen apta para beber. Tal y como se indica en el referido libro, el agua se puede sacar por la jetas de los depósitos o a través de los orificios “C” y “D” ubicados en el fondo de cada depósito y que están separados por una distancia de ocho palmos (160 cm.).

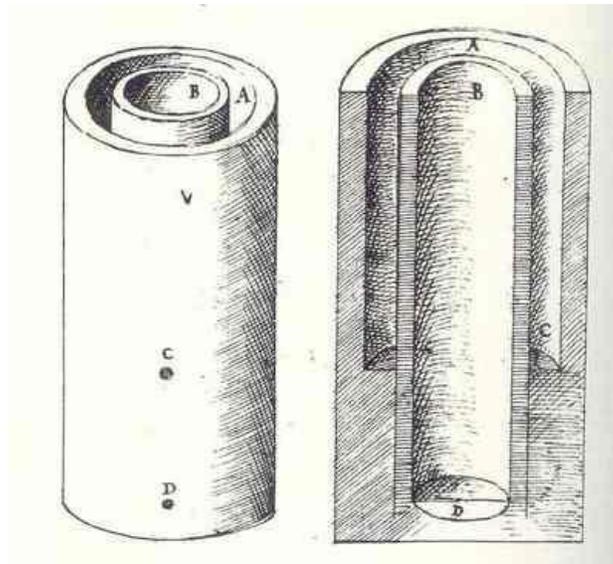


Fig. 27 Cisternas concéntricas de piedra para almacenar agua de lluvia.

Ya se reconoce en la página 273 (Libro Decimo) de la obra de Turriano, que en muchos lugares las casas no eran lo suficientemente grandes ni tan acomodadas (ricas); que el agua que se podía captar de los techos de las pequeñas construcciones, no era suficiente para cubrir las necesidades de sus habitantes. Por lo cual ya explicaba Turriano que si no es posible captar agua de los techos, entonces se pueden implementar sistemas de captación en las serranías con canalizaciones que dirigiesen el agua hacia depósitos en lugares altos, para después ser distribuida hacia las partes bajas para su consumo en los poblados.

Se muestra en la siguiente página, un esquema proveniente de la obra de Turriano en el que se describe un sistema de recolección del agua de lluvia proveniente de las escorrentías de las serranías, que almacena el agua para su posterior distribución a una comunidad.

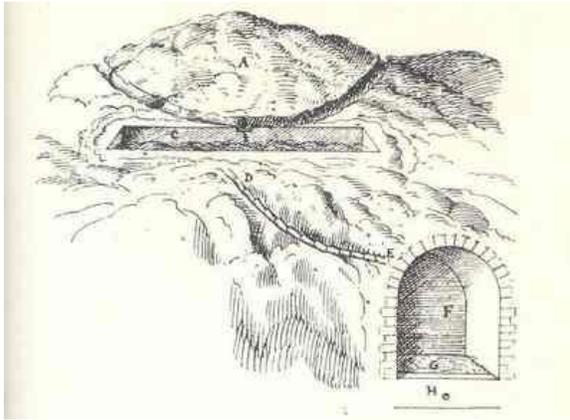


Fig. 28 Captación de agua de lluvia de las laderas montañosas para irse conduciendo por gravedad a un reservorio.

En esta imagen extraída de la página 277 de la mencionada obra, el autor describe un sistema de captación pluvial que aprovecha las escorrentías de laderas montañosas(A), que son encausadas a través de acequias (B) a un estanque a cielo abierto que actúa como tanque de amortiguamiento (C) para conducir después el agua por alcaducez o cañería (D) hasta una Cisterna.

También se hace hincapié varias veces en la importancia de que el agua discurra o se mueva continuamente, siendo esto siempre mejor que tenerla estancada por largos periodos de tiempo.

En su obra, Juanelo Turriano, describe con detalle las maneras en que los españoles de aquellas épocas construían sus aljibes, que estos habían de hacerse muy grandes y muy sólidos, con paredes muy gruesas para poder soportar el peso (empuje) del agua en caso de que estuvieran estos contruidos por encima de la tierra, mas si fueran calados dentro de la tierra, no habría necesidad de ser las paredes tan gruesas, pues el terreno mismo ayudaría a la estructura a soportar el empuje del agua. Se puede deducir, según se lee en la citada obra, que los aljibes se solían construir en las casas de grandes señores, en castillos y fortalezas, o también se construían como grandes obras públicas para dotar de agua a los habitantes de un pueblo.

2.2 SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN LA ACTUALIDAD

En la actualidad, ante el escenario de potencial escases de agua, se ha despertado de nuevo un interés por captar agua de lluvia, ya sea para proporcionar la totalidad del suministro de una vivienda (o edificación) o para complementar el abasto de agua proveniente de una red.

En forma general se puede decir que los sistemas de captación pluvial se componen de cuatro grupos de principales de operaciones a partir de las cuales se diseñan diferentes variantes.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| I. Captación | III. Filtrado y Acondicionamiento |
| II. Conducción y Distribución | IV. Almacenamiento |

Se presenta a continuación un esquema tipo de un sistema de recolección de agua pluvial.

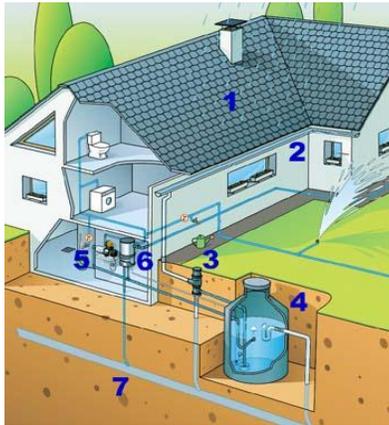


Fig. 29 Sistema moderno de captación pluvial

- 1) Cubierta
- 2) Canalón
- 3) Filtro
- 4) Depósito
- 5) Bomba
- 6) Sistema de gestión agua de lluvia - agua de red municipal (como respaldo)
- 7) Sistema de drenaje de las aguas excedentes.

Los depósitos; cisternas o tanques, constituyen uno de los componentes más importantes y por sus dimensiones son uno de los factores limitantes más importantes en el diseño y eficiencia de los sistemas de aprovechamiento del agua pluvial. Los depósitos pueden construirse como parte de la edificación o pueden ubicarse a cierta distancia, dichos depósitos pudiendo construirse de variadas formas; en concreto reforzado, fibra de vidrio, acero inoxidable, ferrocemento, polietileno o polivinilo.

Los almacenamientos de agua deben considerar los siguientes requerimientos:

- Una cubierta sólida y segura (tapa).
- Tubería conductora del agua.
- Una llave (válvula) de paso
- Una llave (válvula) de toma
- Un sistema para eliminar excedentes (rebosadero)
- Un sistema para desaguar el depósito y darle mantenimiento.

La calidad y la cantidad del agua dependerán de:

- La localización geográfica (precipitación y contaminación).
- El tipo de superficie de escorrentía (morfología de la superficie y material)
- Características pluviométricas (forma de la precipitación)

Ventajas

- En general el agua de lluvia contiene pocos contaminantes químicos y biológicos.
- Requiere de mínimo tratamiento.
- Conservación del recurso hídrico (contribuye al ahorro).
- Reduce la necesidad de inversión pública en nuevas infraestructuras.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Disminuye la posibilidad de inundaciones en zonas rurales.

Desventajas

- La captación de agua de lluvia no es controlable durante épocas de sequía.
- La temperatura del agua puede presentar variaciones.
- El agua de lluvia puede llegar a contaminarse por los animales y por la materia orgánica.
- Las cisternas aumentan los costos de construcción y puede ser limitante para muchas familias de bajos recursos.
- El almacenamiento de agua en la cisterna puede inducir la presencia de mosquitos, los cuales pueden ser vectores de enfermedades serias.
- Las cualidades higiénicas del agua dependen del usuario.
- Grandes volúmenes de agua deben consumirse rápidamente ya que pueden producirse olores y proliferación de microorganismos.
- Falta de presión para el almacenamiento por aforo en la parte alta del edificio (hay que bombear).

Eficiencia de la Tecnología

Los sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico, son utilizados en muchos países de América Latina y el Caribe y representan una excelente fuente de agua en casos de emergencia. Sin embargo, debe considerarse una eficiencia de 70%, máximo 90%, en el diseño y construcción de las cisternas, esto debido a que las lluvias escasas y de baja intensidad producen un bajo escurrimiento; en otras ocasiones la alta energía cinética de las gotas de agua de lluvia hace que mucha agua rebote de los techos y caiga fuera del área de captación. También en la

canaleta de conducción puede haber pérdidas considerables del agua por rebote, sobre todo cuando ocurre una lluvia de alta intensidad.

2.3 SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA UTILIZADOS EN MÉXICO ACTUALMENTE

El problema más dramático que sigue afrontando el habitante del medio rural de la zona semiárida y árida de México, es la carencia del agua para consumo humano y consumo animal. Más de la mitad del agua potable producida se consume en menos de 100 ciudades grandes y medianas, el resto se distribuye entre las otras 156502 localidades del país, por ello la captación de agua de lluvia puede representar una alternativa interesante para complementar el abasto de agua.

Los sistemas de aprovechamiento pluvial más comunes en el México actual se describen a continuación.

- **Estanques o presas de tierra**

Sin duda el estanque o presa de tierra, que en México comúnmente recibe el nombre de jagüey, es el más primitivo de los sistemas recolectores de agua de lluvia, pero también el más común de todos los dispositivos utilizados para este propósito. Por lo menos un estanque se encuentra en cada núcleo de población ejidal de la zona árida-semiárida del país, en algunos casos habiendo más de quince. Este tipo de recolección, ordinariamente no puede contener agua durante los 12 meses del año, en la mayor parte de los casos el campesino, solamente puede disponer de agua del estanque durante unos cuatro a seis meses. Lo anterior no precisamente se debe a que no se llene, lo cual acontece dos o tres veces al año, si no a las enormes pérdidas por infiltración y evaporación a que está sujeta el agua almacenada en estos recipientes y también a la gran reducción que sufren en su capacidad de almacenamiento debido a la acumulación de sedimentos que forma una capa anual de 25 a 30 cm de espesor por cada 35 o 40 hectáreas de escurrimiento. Es común ver que los estanques tengan bordos con la apariencia de pared, en cuya sección aguas arriba, no existe la capacidad de almacenamiento correspondiente a las dimensiones del bordo construido. En otros lugares se observan bordos reventados, porque el volumen de agua fue superior del esperado, por falta de compactación del bordo, por la ausencia de un vertedor de excedentes o por la combinación de las tres causas, siendo esto último lo más usual.

- **Trampas de agua de lluvia**

Son sistemas recolectores de agua pluvial, básicamente consistentes en un área de captación que conecta con una cisterna de almacenamiento. El agua almacenada en la cisterna se distribuye por gravedad, entubándola hasta abrevaderos en el centro de los agostaderos, cuando se trata de consumo animal o hasta las cercanías de un núcleo de población cuando se va a utilizar para consumo humano. El área de escurrimiento y la cisterna de almacenamiento que se encuentra dentro de una superficie cercada, deben quedar totalmente impermeabilizadas. Además la cisterna debe contar con un retardador de la evaporación. Las galerías de infiltración pertenecen a este tipo de obras hidráulicas.

- **Aljibes**

Son recolectores de aguas pluviales de escurrimiento que representan una versión más avanzada que la del estanque. El principio es el mismo, es decir; aguas de escurrimiento procedentes de los terrenos, patios pavimentados y techos se almacenan en un depósito. Prácticamente la única diferencia entre estanque y aljibe es que en el segundo, la cisterna es un depósito excavado a flor de tierra, de dimensiones regulares, revestido interiormente con piedra y cemento, características de construcción que contribuyen a eliminar las pérdidas de agua por infiltración. Sin embargo, el agua almacenada sigue totalmente expuesta al proceso de evaporación y el aljibe reduce drásticamente su capacidad de almacenamiento por la acumulación anual de sedimentos, tal y como sucede en el caso del estanque. El agua del aljibe podría considerarse de calidad mejor que el agua del estanque puesto que el aljibe generalmente se mantiene cercado e inclusive algunos aljibes pueden estar cubiertos. El aljibe es un sistema recolector de aguas pluviales menos común que el estanque, porque en la construcción de un aljibe va incluido su recubrimiento con mampostería, renglón que representa la mayor inversión de este tipo de obra.

- **Techos cuenca**

Los techos cuenca son estructuras diseñadas para recolección directa del agua de lluvia y constan básicamente de dos secciones; el techo, que funciona como un área de contribución y retardador de evaporación simultáneamente e inmediatamente debajo de este, se encuentra el tanque o cisterna de almacenamiento. El techo está formado por dos superficies que convergen en una caña central, lo cual permite al agua de lluvia recibida por el techo caer por gravedad a la cisterna, a través de unas cajas de tamiz. Colocado sobre la pared externa del tanque se ubica un piezómetro

el cual permite observar el volumen de agua almacenada. El sistema de conducción del agua consiste en una válvula de salida, continuada por una tubería que termina en una llave de la cual se toma el agua para consumo humano.



Fig. 30 Techo Cuenca diseñado para recolectar agua de lluvia para consumo humano, con tanque de 300 m³. Proyecto “Agua y Vida”, Mpo. Dr. Arroyo N.L.

- **Cisternas**

Las cisternas son obras de construcción muy comunes y difundidas, que usualmente reciben su dotación de agua de la red pública de suministro o por medio de carro-tanque, usualmente se construyen para tener una reserva de agua en caso de que exista una interrupción en el suministro o bien para disponer de agua en aquellas localidades en donde no existe una red municipal de agua (red pública de agua). Las cisternas tradicionalmente se construyen subterráneas, en mampostería y con un recubrimiento interior que evita las pérdidas de agua y facilita la limpieza. Actualmente también se distribuyen de manera comercial y con bastante éxito, cisternas prefabricadas en polietileno de alta densidad, que pueden colocarse bajo tierra o sobre ella. Aunque actualmente las cisternas ya no se construyen para recibir agua de lluvia, hasta no hace mucho, todavía se construían cisternas con sistemas de filtración de lechos de grava y arena, que recibían el agua de lluvia proveniente de las azoteas y patios impermeables, pasando lentamente a través del material filtrante sobre el que se formaba una biopelícula, que se denomina “scmutzdecke” (*del Al. capa de mugre*), que cumple funciones importantes en la remoción de materia orgánica y de algunos microorganismos, el agua ya filtrada pasa entonces a un depósito desde donde se le extrae para su consumo.

Uno de los ejemplo de una obra de construcción específicamente diseñada para este propósito es la denominada “Cisterna Veneciana”, primer imagen de la siguiente página, y cuyo propósito es recoger agua de techos y patios pavimentados; entrando el agua primero a un depósito donde

pierde velocidad y comienza una sedimentación y separación de materia de gran tamaño, para después rebosar hacia un depósito de almacenamiento en cuyo fondo se encuentra el lecho filtrante, el agua se filtra a través del fondo del segundo depósito y entra en un cárcamo, desde donde se le puede sacar por bombeo o con una cubeta atada a una cuerda.

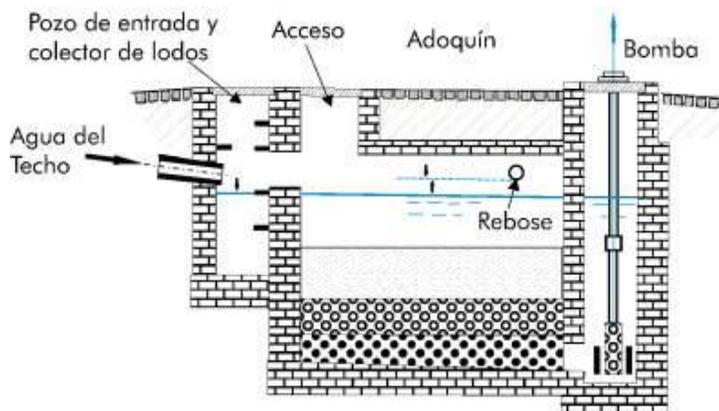


Fig. 31 Esquema de una cisterna veneciana.

Otra variación a la cisterna pluvial, se presenta bajo estas líneas, con una gran similitud respecto de la cisterna veneciana, pero siendo de diseño menos sofisticado en el que el lecho filtrante no forma parte del depósito y aunque no esta diseñada para recibir el agua que discurre por los patios durante una lluvia, por tener el filtro por encima del depósito, permite por su parte un mantenimiento mas fácil del sistema de filtrado que no interfiere con el almacenamiento de agua.

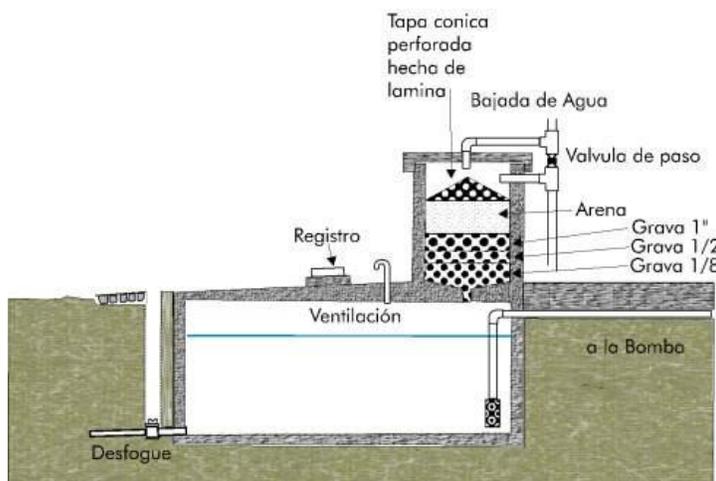


Fig. 32 Esquema de una cisterna para la captación pluvial con filtro de arena en forma de tambo.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 2

- La captación de agua de lluvia es una técnica que se remonta a la prehistoria y de la cual existen vestigios tan antiguos como el Neolítico.
- Desde la revolución agrícola se comenzaron a construir obras pensadas para dotar de agua a los asentamientos y regar los cultivos.
- El concepto del aljibe como se le conoce actualmente, llegó a las Américas con los conquistadores Ibéricos que a su vez lo aprendieron de los musulmanes.
- En México existen vestigios de la captación pluvial en la antigüedad que datan de la era Precolombina, de la Conquista y también de épocas mas recientes.
- Actualmente en México se recurre a la captación de agua de lluvia sobre todo en el medio rural, aplicando técnicas que van de lo rustico, como los jagüeyes, a lo mas tecnificado como los techos cuenca.
- Existe en la actualidad un creciente interés por reintroducir el concepto de la captación de agua de lluvia.

Capítulo 3

ESTADO DEL ARTE EN MATERIA DE CAPTACIÓN PLUVIAL

Es claro que la falta de armonía entre las construcciones y el entorno natural, así como la falta de planeación urbana, son el origen de situaciones relacionadas con el deterioro ambiental, el agotamiento de los recursos y hasta desastre. Actualmente hay muchos investigadores, grupos organizados y particulares, que preocupados por la problemática ambiental, procuran encontrar soluciones a estos problemas. En opinión de algunos, la captación pluvial representa una alternativa de aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos.

En lo que respecta a la captación de agua de lluvia para uso en la vivienda, algunos datos sobre el estado actual de las investigaciones al respecto se exponen a continuación:

- La India, Bangladesh y Australia, son de los países líderes en la promoción de la captación de agua de lluvia. Han desarrollado sistemas y técnicas que involucran grandes contenedores subterráneos para almacenar el precioso líquido por periodos de tiempo mas prolongados. Sus sistemas de filtración y técnicas de distribución también se han modernizado.

- En la revista estadounidense “eco-structure magazine” tomo de Mayo – Junio de 2009 en la página 24, se presenta el caso de la remodelación de una pequeña casa de adobe y el acondicionamiento de una oficina como parte de un proyecto, que se llevó a cabo en Santa Fe, Nuevo México (imagen pág. siguiente). La remodelación de este edificio incluyó la instalación de un sistema de captación de agua pluvial, algunos de los detalles descritos sobre el sistema de captación de agua de lluvia, son los siguientes; todas las bajantes de agua pluvial de la cubierta conducen el agua a un tanque subterráneo de 6056 Litros (1600 gal.), todas la canaletas de la azotea están provistas de rejillas para que no entre basura al sistema y todas las bajantes incluidas una “cadena de agua” descargan en un sistema filtrante para retener las partículas más pequeñas. De acuerdo a la publicación, a través de la superficie de los edificios de la casa y la oficina, que suman 216 m^2 (2400 ft^2), se alcanzan a captar al año 68.13 m^3 , con lo que se reduce a la mitad el consumo de agua municipal durante el verano y básicamente se elimina la dependencia de la red de agua municipal durante la primavera y el otoño. Cabe hacer la consideración que la precipitación promedio anual en Santa Fe Nuevo México es de solo 361 mm al año.



Fig. 33 Remodelación de una casa en Nuevo México con implementación de sistemas de captación de agua de lluvia entre otras ecotecnias. En la figura se aprecia una cadena de agua que sirve para conducir el agua de una gárgola al depósito.

- Con más de dos y medio millones de propiedades y más de 5 millones de propietarios en el Reino Unido, las asociaciones de colonos siempre están buscando nuevas maneras de bajar sus costos y reducir el impacto sobre el ambiente, de acuerdo con lo comentado por Michael Farnsworth, gerente de la compañía “Stormsaver”¹¹ dedicada al aprovechamiento del agua de lluvia. De acuerdo con Farnsworth; es de capital importancia que las asociaciones de colonos sepan que el costo de instalar tecnologías para el ahorro de agua no es prohibitivo. De hecho tiene sentido desde una perspectiva comercial, tanto para el desarrollador, como para los compradores. Los desarrolladores deben pensar cuál es la manera más rápida para vender las propiedades, ya que los consumidores están cada vez más conscientes de la necesidad de reducir los impactos al medio ambiente y minimizar los costos de consumo, con la implementación de tecnologías para el ahorro de agua se garantiza un aumento del valor de la propiedad. Además al momento de solicitar las licencias, la inclusión de ecotecnias puede inclinar la balanza a favor de los desarrolladores y facilitar la obtención de estas. Los sistemas de captación de agua pluvial son vistos en forma favorable al evaluarse los impactos de un nuevo edificio, puesto que ayudan a reducir el impacto sobre los recursos naturales. Es posible que en el futuro las ciudades requieran que se calculen las emisiones equivalentes de CO₂ asociadas con la operación de las viviendas, de manera que al implementar sistemas de captación de agua pluvial desde ahora, los ayuntamientos y las asociaciones de colonos se irán preparando para cuando estas medidas sean obligatorias. De acuerdo con Farnsworth, la captación de agua pluvial permitirá a las ciudades reducir sus gastos en distribución de agua y con esto reducir el consumo eléctrico y la emisión de

¹¹ www.stormsaver.com

contaminantes a la atmósfera. La captación de agua pluvial se puede usar en los sanitarios y suministro a grifos en el patio y hasta para el lavado de ropa. Un sistema de drenaje de excedentes está previsto en el caso de una lluvia muy abundante, así que el excedente se envía al drenaje (pluvial) municipal. También se puede instalar una pequeña unidad de control en la cocina para cambiar de agua potable de la red municipal al agua pluvial del tanque. Los sistemas con un costo de entre 1500 a 300 Libras (2334.30 a 4668.60 USD a tasa de cambio Noviembre 2011) permiten a los propietarios ahorros de alrededor del 50% de su consumo total de agua. En un ambiente en el que los consumidores están preocupados por el constante aumento en el precio de los servicios básicos, estos sistemas ofrecen una posible solución. La inversión en estos sistemas además asegura la propiedad a futuro, en contra de posibles multas o incrementos de costo por modificaciones al edificio. Esto es un argumento que las asociaciones de colonos británicos pueden usar a su favor para la promoción de las propiedades. La captación de agua pluvial, también ofrece ventajas financieras a los propietarios, por ejemplo el agua de lluvia es más “suave” que el agua municipal en algunas localidades, esto es conveniente para la protección de las tuberías contra la incrustación, así como la protección de los equipos de lavado y hasta de la ropa. Además usar un agua suave reduce la cantidad de detergente requerido y esto influye favorablemente en la economía de los propietarios y sobre el entorno natural. Desde una perspectiva ambiental, un sistema de captación pluvial, también reduce el estrés sobre los sistemas de drenaje al reducir la saturación de las tuberías y así se reducen los riesgos de inundación.

Cabe hacer notar sin embargo que la implementación de estos sistemas implica un mayor cuidado en el mantenimiento de los mismos, desde la limpieza de las canaletas de los techos hasta el mantenimiento de la integridad de los tanques. Recientemente la compañía “Stormsaver” ha introducido un nuevo paquete de soluciones eficientes en un rango de costo de 1500 libras con un consumo de 90 watts. Este sistema se puede inclusive conectar a un panel solar o a una turbina eólica, lo cual implica todavía menores costos de operación y menores emisiones de CO₂ equivalente.

- En la ciudad de Atlanta en Georgia, Estados Unidos, la autoridad local ha promovido desde Septiembre de 2011 una iniciativa que se convertiría eventualmente en adenda al Código de Plomería” como; Código 1300 “REQUERIMIENTOS PARA LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO POTABLE EN LAS VIVIENDAS UNIFAMILIARES”. Los parámetros iniciales para la presentación de la propuesta fueron elaborados con la ayuda de Bob Boulware, Dennis Lye, Russ Jackson y Bob Drew de la ARCSA

(American Rain Water Catchment Systems Association). El propósito de está adenda al Código de Plomería que rige en Atlanta, es el de normar los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) que se instalen en viviendas unifamiliares con la finalidad de potabilizar el agua pluvial para consumo humano. La ciudad de Atlanta se encuentra actualmente promoviendo el uso de fuentes alternativas de agua para hacer frente al futuro incremento en la demanda de agua. La ciudad de Atlanta prevé que los SCALL sean una alternativa para reducir los esfuerzos asociados con el suministro de agua potable, especialmente en las épocas de alta demanda y sequía, en virtud de que el interés por la captación de agua de lluvia ha crecido en años recientes a consecuencia de sequias y escases de agua a nivel mundial.

De acuerdo con el documento las personas que elijan instalar SCALL son responsables por el mantenimiento del sistema y la efectividad del mecanismo de potabilización, en virtud de haber tomado la decisión de captar agua de lluvia para su consumo. Según lo ordenado, los SCALL que se instalen con fines de obtener agua para consumo humano deben contar con mecanismos de desinfección a través de la cloración, adición de yodo, ozonización, o irradiación con luz ultravioleta. El agua de lluvia siendo captada solo de los techos (cubiertas) construidos de concreto, teja, lamina, fibra de vidrio e incluyendo superficies asfaltadas. Por otra parte no permitiéndose la captación de aquellos techos construidos en madera, grava, asbesto-cemento o teja sintética, tampoco de techos que incluyan componentes de cobre. El reglamento también norma el tipo de canaletas, bajadas pluviales, trampas de primeras lluvias, sistemas de almacenamiento, filtros y rebosaderos, requiriendo en todos los caso, que se instalen filtros de malla con una abertura de 1/32 de pulgada (0.79 mm) antes de la trampa de primeras lluvias. Previo a su consumo el agua pasará por un filtro de 5 micras (millonésima parte de un metro) para eliminar la materia suspendida y por un filtro de carbón activado para mejorar sus características organolépticas y finalmente recibirá su tratamiento desinfectante. Para asegurar que el agua potable obtenida de los SCALL cumpla con los requisitos para tal uso, el documento regula sobre las pruebas y periodicidad de estas. Los SCALL que se instalen para aprovechar el agua de lluvia con el propósito de potabilizarla, deberán contar con los mecanismos de control tales que impidan la entrada de dicha agua de lluvia en la red de agua potable de la ciudad.

El descrito ordenamiento también rige sobre la posibilidad de reducción de la cuota por servicios de drenaje hasta de 30% sobre la cuota base más baja para quienes decidan instalar un SCALL para uso potable. Aunque este ordenamiento es para casas unifamiliares, también hace previsiones sobre la utilización de agua pluvial potabilizada en los alojamientos que ofrecen cama y desayuno (bed and breakfast).

- De acuerdo con lo comentado durante los Talleres Nivel 200 y Nivel 300 de la ARCISA que tuvieron lugar en el condado de Snohomish en el estado de Washington en Estados Unidos del 13 al 16 de Agosto de 2012, el instructor Tim Pope, comentó que en la Isla de San Juan (San Juan Island) en el Estado de Washington, durante años se extrajo agua del subsuelo y en la actualidad los pozos se encuentran agotados casi en su totalidad y en varias zonas de la isla se tienen problemas de intrusión de agua marina, por lo que muchos propietarios de vivienda han optado por instalar algún tipo de SCALL, algunos de estos sistemas cubriendo en su totalidad la demanda de agua de una vivienda. Para llevar el agua de lluvia hasta un grado potable, se están tomando en cuenta las siguientes consideraciones mínimas: (a) Se prevé que las canaletas tengan un buen mantenimiento y que exista a la entrada del tanque una rejilla aun cuando se cuente con una trampa de primeras lluvias, (b) El tanque en donde se almacena el agua tiene una calidad de sus materiales apta para almacenamiento de agua potable y una tapa rígida que impida el acceso de fauna al tanque, (c) El agua que se extrae del depósito, nunca se extrae desde el fondo del mismo para no succionar los sedimentos y la “schmutzdecke”, (d) El tren de tratamiento para potabilizar el agua consta de un filtro de 5 micras que remueve la mayoría de sólidos suspendidos, seguido por un filtro de bloque de carbón activado de 0.5 micras que ayuda a adsorber contaminantes químicos, mejorar el olor, color y sabor, además de ayudar a retener al microorganismo *Giardia lamblia*, cuyos quistes se encuentran en el excremento de las aves (que cae sobre los techos) y resisten la exposición al cloro, finalmente una lámpara de luz ultravioleta proporciona la desinfección del agua. Sistemas de tratamiento y desinfección como el descrito son comercializados como solución paquete por varias empresas como “Hydrotech” (www.hydrotechwater.com). En la Isla de San Juan, otra aplicación que se tiene para un SCALL es el mantenimiento de tanques de agua contra incendio, e inclusive en caso de emergencia se prevé que los bomberos pueden extraer agua de los tanques de agua de lluvia de las casas.

- También mencionado durante los Talleres citados en el inciso anterior, los investigadores del programa de extensión “Agri Life” de la Universidad de Texas A&M, calculan que la captación de agua de lluvia puede representar ahorros de entre 2 a 5 dólares (US) por galón almacenado para los propietarios de un SCALL en aquellas zonas donde la disponibilidad de agua es limitada o el agua es muy cara, habiendo en el Estado de Texas (también en Nuevo México) viviendas que en zonas áridas dependen del agua de lluvia para todas sus necesidades.

- En cuanto a la comercialización de sistemas para el aprovechamiento del recurso pluvial en México, se revisaron los equipos ofrecidos por las empresas; **Soluciones Hidropluviales**¹² y **3P Technik México**¹³, ambas empresas ubicadas en la Ciudad de México.

Los equipos distribuidos por Soluciones Hidropluviales que están relacionados con la captación de agua de lluvia son:

1. Up-Flo^{M.R.} Filter es un filtro de alta velocidad para escurrimientos pluviales que remueve basura, sedimentos, nutrientes, metales e hidrocarburos. Fabricado por Hydro International Stormwater.

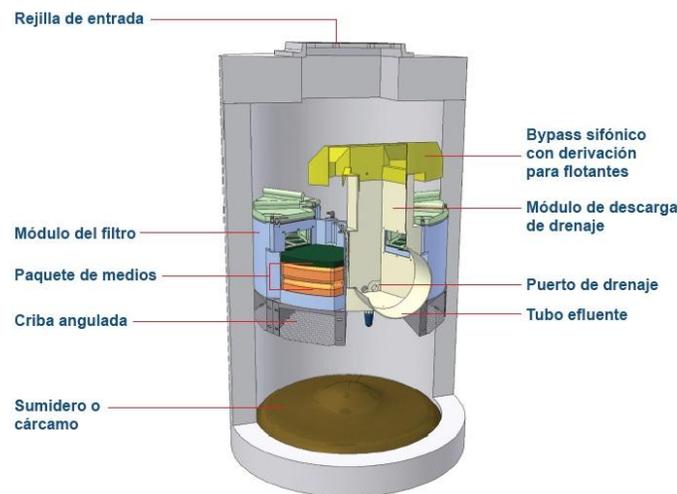


Fig. 34 Vista esquematizada del Up-Flo^{M.R.} Filter de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales.

Se trata de un filtro basado en el principio del lecho fluidizado por capas, con flujo ascendente. El escurrimiento pluvial entra a la cámara por el tubo de entrada o la rejilla de entrada y llena la cámara, a medida que el flujo es dirigido directamente hacia arriba a través de la criba angulada y los módulos del filtro. El grueso de desechos y el sedimento se asientan en el sumidero. Los aceites y los flotantes suben a la superficie del agua. El agua tratada fluye fuera del Módulo del Filtro hacia el Módulo de salida y hacia el tubo de salida. Los flujos excedentes se descargan hacia la salida utilizando una derivación baipás sifónico, la cual también actúa como un interceptor para desviar flotantes, previniendo el escape de los aceites y de la basura flotante. Para proteger el escape de los contaminantes y la degradación de los medios de filtrado entre una

¹² www.hidropluviales.com

¹³ www.3ptechnik.com.mx

tormenta y otra, el agua se drena de la cámara a través del puerto de drenaje mientras la tormenta se va disipando.

El Up-Flo^{M.R.} Filter, es un sistema de filtración aplicable en instalaciones comerciales e industriales, así como desarrollos residenciales. La instalación del Up-Flo^{M.R.} Filter se hace en pozos o bóvedas con registro de acceso para el mantenimiento.

Tabla 5. Características del Up-Flo^{M.R.} Filter.

| Modelo | Área (m ²) | Numero de Módulos | Gasto típico (l/s) | Gasto máximo del baipás (l/s) | Diámetro máx. de la tubería (m) | Pérdida de carga min/max (m) | Capacidad min almacenamiento de aceites (litros) | Capacidad cárcamo (m ³) |
|------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1 Anillo (pozo visita) | 1.92 | 1 a 6 | 9.34 | 169.9 | 0.38 | 942 | 189 | 0.69 |
| 2 Anillos (bóveda) | 1.83x3.66 | 7 a 12 | 18.69 | 339.8 | 0.61 | 1927 | 454 | 2.0 |
| 3 Anillos (bóveda) | 2.13x4.88 | 13 a 18 | 28.32 | 509.7 | 0.91 | 1927 | 681 | 3.0 |

2. Separador Hidrodinámico First Defense^{M.R.} es un Separador Hidrodinámico que permite el tratamiento de los escurrimientos pluviales con entrada desde bocas de tormenta, con capacidad para un amplio rango de flujos sin riesgo de desbordamiento ni inundación.

El First Defense^{M.R.} es un equipo prefabricado diseñado para instalarse y usarse de manera inmediata en áreas de captación pequeñas y medianas, disminuyendo la carga contaminante desde su origen en las vialidades.

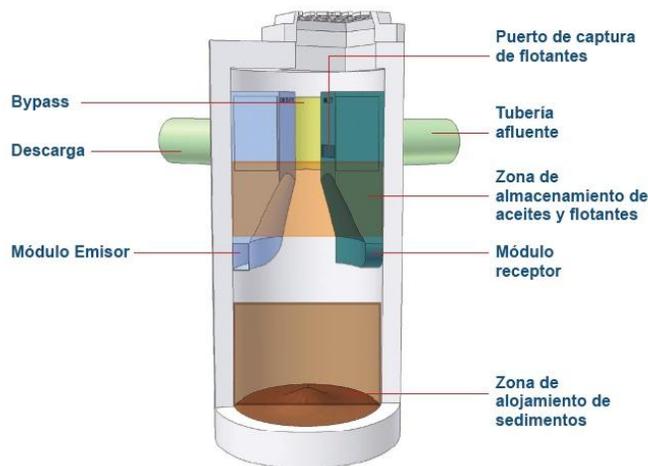


Fig. 35 Vista esquematizada del Separador Hidrodinámico First Defense^{M.R.} de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales.

El escurrimiento pluvial contaminado ingresa al módulo receptor desde una rejilla superficial y/o el tubo de entrada. El modulo receptor introduce tangencialmente el flujo dentro de la cámara para crear un régimen de flujo hidrodinámico (de vórtice) de baja energía que dirige el sedimento hacia el cárcamo (zona café), mientras que los aceites, la basura flotante y el arrastre suben a la superficie (zona naranja). El escurrimiento pluvial tratado sale a través de un módulo emisor sumergido, opuesto a la dirección del flujo rotativo. La separación hidrodinámica se logra al forzar el flujo rotativo dentro del depósito para poder seguir la trayectoria más larga posible en lugar de ir directamente de la entrada hacia la salida. Los flujos mayores se derivan hacia la cámara de tratamiento para prevenir turbulencias y la re-suspensión de los contaminantes. Un módulo de baipás integrado transporta los flujos pico poco frecuentes directamente hacia el módulo emisor, eliminando el costo de estructuras derivadoras externas. La basura flotante es desviada del módulo de baipás hacia la cámara de tratamiento a través de un puerto de captura de flotantes.

Para el mantenimiento del First Defense^{M.R.} que típicamente se efectúa solo una vez al año, es necesario acceder al depósito a través del registro y remover con ayuda de un camión de desazolve (Aquatech^{M.R.} o Vector^{M.R.} o similar) la basura flotante y los sedimentos.

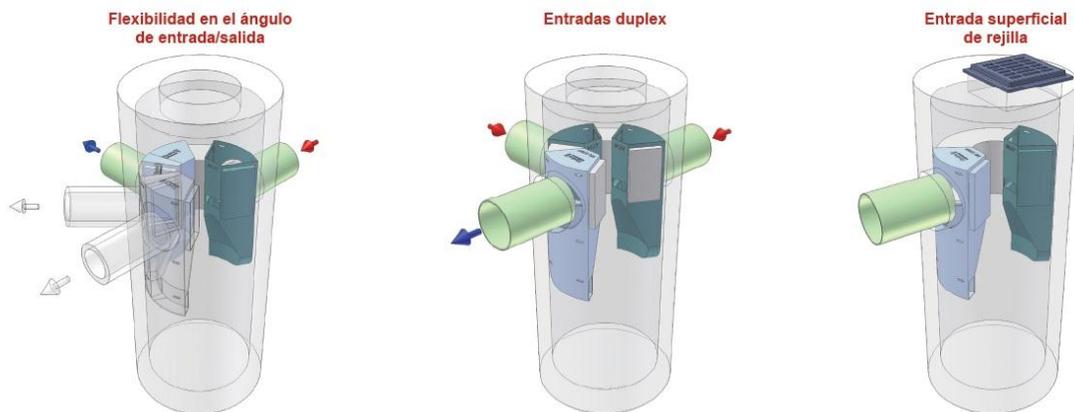


Fig. 36 Influentes y efluentes del First Defense^{M.R.}

Tabla 6. Características del Separador Hidrodinámico First Defense^{M.R.}

| Modelo | Cap. de tratamiento (l/s) | Cap. de baipás (l/s) | Capacidad almacenamiento de sedimentos (m ³) | Capacidad min almacenamiento de aceites (litros) | Diam max del tubo de entrada/salida (m) | Profundidad (m) |
|--------|---------------------------|----------------------|--|--|---|-----------------|
| FD 4 | 20 | 170 | 0.76 | 681 | 0.46 | 1.98 |
| FD 6 | 62 | 510 | 2.4 | 1590 | 0.61 | 2.6 |

3. Separador Hidrodinámico Downstream Defender^{M.R.} es un sistema para la remoción de sedimentos, grasas, aceites y flotantes de los escurrimientos pluviales, requiriendo solo la mitad de la superficie con respecto a otros dispositivos de separación. El Downstream Defender^{M.R.} es un sistema para la remoción de basura flotante, sedimentos e hidrocarburos, para ser empleado en vialidades, desarrollos habitacionales, etc.

El separador hidrodinámico Downstream Defender^{M.R.} tiene un componente interno diseñado para maximizar el efecto del vórtice que promueve una separación hidrodinámica, minimizando la turbulencia y la pérdida de carga hidráulica y previniendo la resuspensión de los contaminantes almacenados. La separación avanzada hidrodinámica se obtiene al extender y estabilizar el patrón del flujo, al mismo tiempo permitiendo la confinación de los contaminantes dentro de un rango amplio de tasa de flujo.

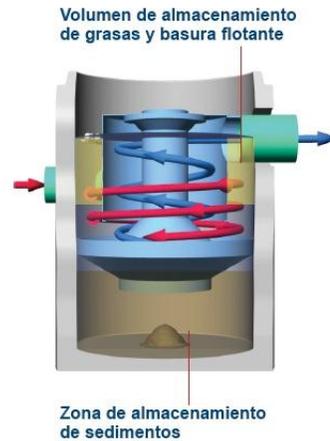


Fig. 37 Esquema de funcionamiento del Separador Hidrodinámico Downstream Defender^{M.R.}

Para el mantenimiento del First Defense^{M.R.} que típicamente se efectúa solo una vez al año, es necesario acceder al depósito a través del registro y remover con ayuda de un camión de desazolve (Aquatech^{M.R.} o Vactor^{M.R.} o similar) la basura flotante y los sedimentos.

Tabla 7. Características del Separador Hidrodinámico Downstream Defender^{M.R.}

| Modelo | Gasto máx. tratado (l/s) | Diámetro máx. del tubo (cm/in) | Pérdida de carga en gasto máx. (m) | Capacidad min almacenamiento de aceites (litros) | Capacidad min almacenamiento de sedimentos (litros) | Profundidad del efluente al cárcamo (m) |
|--------|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|---|---|
| DD 4 | 85 | 30.5 / 12 | 0.15 | 265 | 0.53 | 1.22 |
| DD 6 | 226 | 45.7 / 18 | 0.20 | 871 | 1.61 | 1.80 |
| DD 8 | 425 | 61 / 24 | 0.23 | 1987 | 3.55 | 2.35 |
| DD 10 | 708 | 76.2 / 30 | 0.25 | 3975 | 6.65 | 2.86 |

El escurrimiento pluvial ingresa tangencialmente por un lado del pozo de visita, generando un flujo rotativo que produce un remolino alrededor de la superficie externa del tanque. La basura y los hidrocarburos suben a la superficie del agua y quedan atrapados en la trampa para grasas y

flotantes (zona amarilla). A medida que el flujo continúa en una espiral hacia abajo alrededor del cilindro externo, el movimiento de vórtice de baja energía dirige el sedimento hacia adentro a lo largo de la tolva y dentro de la zona protegida de almacenamiento de sedimentos (zona café). La tolva y el cono central redirigen el flujo de rotación hacia arriba y hacia adentro entre el elevador y el cilindro externo, lejos del sedimento almacenado y el tubo de salida descarga el efluente.

4. El Bioclean Downspout Filter^{M.R.} (distribuido en México por SSTP), es un sistema de filtrado en línea que se acopla a bajadas pluviales de Edificaciones de uso residencial, comercial o industrial. Es fabricado en los Estados Unidos por la empresa “Bioclean Environmental Services Inc.” y esta disponible en tres medidas que fácilmente se adaptan a bajadas pluviales con diámetros de 2 a 12 pulgadas (5 cm a 30 cm). Adaptándose también a bajadas cuadradas o rectangulares.

Los componentes internos del Downspout Filter^{M.R.} están fabricados en acero inoxidable y cumplen con los estándares de la Asociación Internacional de Oficiales Plomeros y Mecánicos IAPMO (*International Association of Plumbing and Mechanical Officials*) y del NPDES (*National Pollutant Discharge Elimination System*) Fase II, plan de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), que establece los lineamientos para reducir la polución de los escurrimientos pluviales previo a su descarga en los cuerpos de agua superficiales.

El Downspout Filter^{M.R.} ofrece un 93% de eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales y una eficiencia de remoción de hidrocarburos del 87%. Además en la versión con medio filtrante adicional, proporciona una efectiva remoción de metales, nutrientes (materia orgánica) y bacterias.

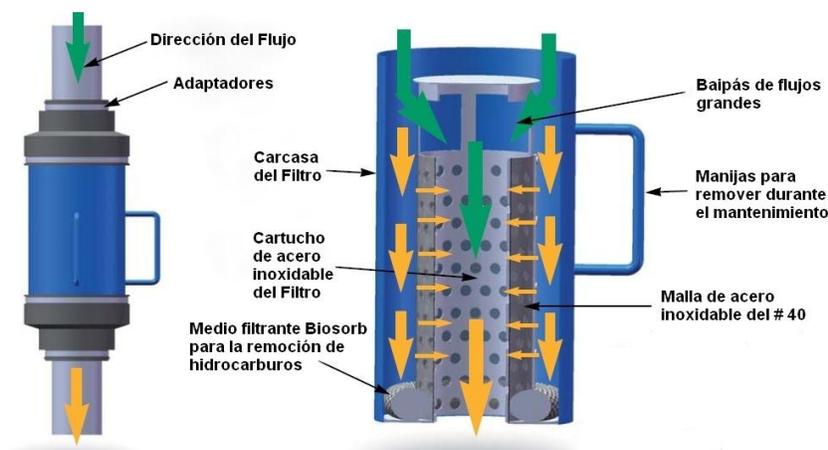


Fig. 38 Vista esquemática del Downspout Filter^{M.R.}

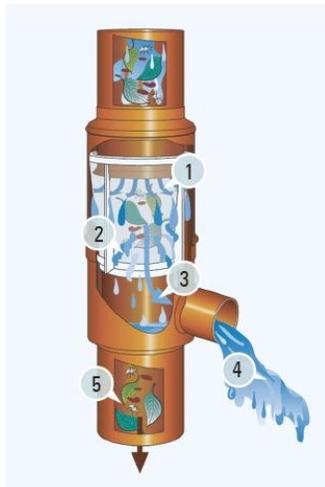
Las especificaciones del Downspout Filter^{M.R.} se muestran en la siguiente tabla.

| Modelo | Diámetro Entrada (cm/pulg) | Diámetro Filtro (cm/pulg) | Capacidad Almacenamiento (litros) | Capacidad de Flujo (litros/min) | Capacidad del Baipás (litros/min) |
|----------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| BC-DF 4 | 10.16 / 4 | 16.827 / 6.625 | 2.549 | 942 | 2142 |
| BC-DF 6 | 15.24 / 6 | 21.907 / 8.625 | 5.947 | 1927 | 3808 |
| BC-DF 8 | 20.32 / 8 | 21.907 / 8.625 | 5.947 | 1927 | 3808 |
| BC-DF 10 | 25.4 / 10 | 32.385 / 12.75 | 21.804 | 4334 | 8569 |
| BC-DF 12 | 30.48 / 12 | 32.385 / 12.75 | 21.804 | 4334 | 8569 |

Tabla 8. Características del Downspout Filter^{M.R.}

Por su parte, 3P Technik México, que inició operaciones en el año 2009, es el representante en México de la Empresa Europea 3P Technik GmbH, que es uno de los líderes mundiales en sistemas de filtración para agua de lluvia. 3P Technik ofrece una variedad de equipos para la captación y filtración de agua de lluvia desde nivel doméstico hasta nivel industrial y municipal. A continuación se listan algunos de los productos que 3P ofrece en el mercado Mexicano, con precios en Pesos (Mex) a la primer quincena de Mayo de 2012.

1. El “3P Downpipe filter” es un filtro para limpiar el agua pluvial, que se instala en línea directamente en la bajada pluvial, se recomienda para cubiertas de hasta 150 m² y bajadas pluviales de 110 mm (4.33 pulgadas) y tiene un precio de \$1999.00



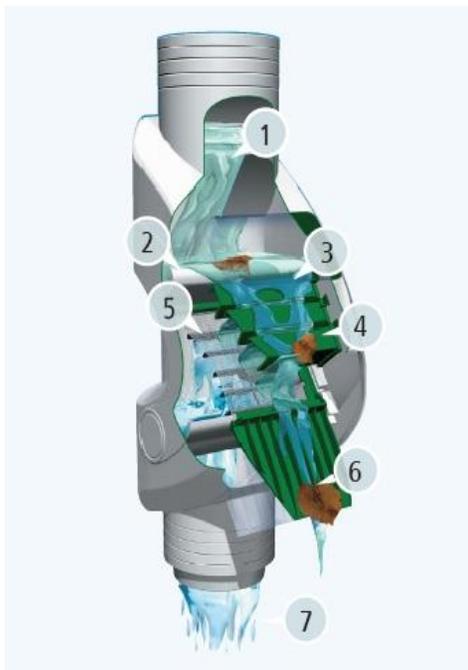
1. El agua de lluvia pasa al interior del cartucho
2. El agua de lluvia se colecta en el fondo del cartucho interior
3. El agua limpia pasa a través del filtro
4. El agua de lluvia sale limpia

Fig. 39 Filtro 3P Downpipe Filter^{M.R.}

2. El filtro Rainus, es un filtro pluvial para cubiertas de hasta 70 m² y bajadas pluviales de 80 a 110 mm (3.15 a 4.33 pulgadas) con un precio de \$1749.00



Fig. 40 Posibles instalaciones del Rainus^{M.R.}



1. La energía del agua corriente se atenúa por mamparas
2. El agua se calma en un pequeño cespel
3. El agua rebosa y se distribuye por la cascada primaria, que es el primer paso de limpieza
4. La cascada primaria remueve las impurezas de gran tamaño como las hojas
5. Tras la cascada primaria hay un filtro secundario
6. Las basurillas y partículas de menor tamaño son rechazadas por el filtro
7. El agua filtrada y limpia fluye por un tubo al depósito

Fig. 41 Vista esquemática de Rainus^{M.R.}

3. El 3P Filtro Colector (parte superior siguiente página) es un dispositivo muy económico que se conecta directamente a las bajadas pluviales y se recomienda para cubiertas de 70 m² y bajadas pluviales de 68 a 110 mm (2.7 a 4.33 pulgadas). Tiene un precio de \$1031.00

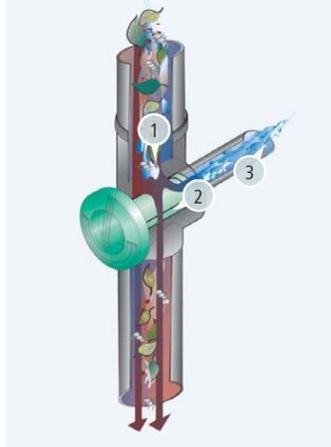


Fig. 42 Vista esquemática del 3P Filtro Colector

Fig. 43 El 3P Filtro Colector Disponible en gris y marrón.

1. El agua de lluvia se conduce por la superficie conductora al cartucho de filtro.
2. La suciedad filtrada pasa lateralmente por el cartucho de filtro y se descarga en la canalización.
3. El agua purificada se conduce por el tubo de descarga al depósito.

4. Filtro de Volumen VF3 es un dispositivo para ser instalado en un antepozo, adecuado para grandes volúmenes de agua provenientes de cubiertas de hasta 1100 m² que se conecta a dos bajadas pluviales de 200 mm. Tiene un precio de \$41 973.00

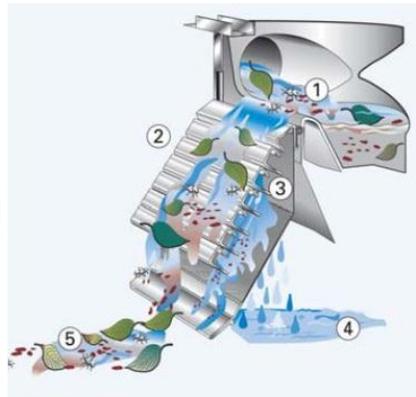
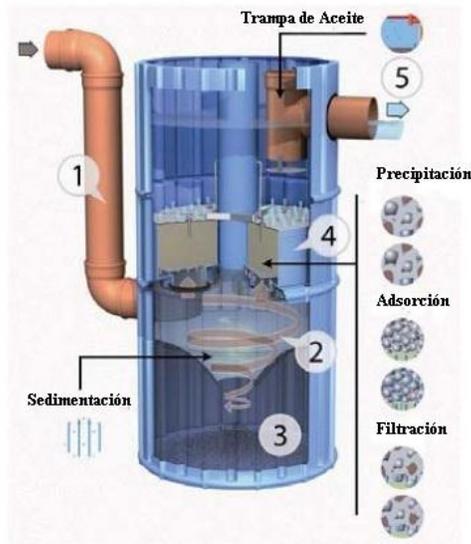


Fig. 44 Filtro para agua de lluvia tamaño industrial VF3y vista esquemática.

1. El agua de lluvia se ingresa a la cuba y rebosa a manera de cascadas.
2. La suciedad gruesa se limpia directamente por las cascadas.
3. El agua pasa a través de una criba que remueve la suciedad mas fina.
4. El agua filtrada se colecta en un depósito
5. La suciedad se deposita en canalizaciones adecuadas

5. El Filtro 3P Hydrosystem 1000, es un filtro para grandes volúmenes que está provisto de un separador hidrodinámico y es un equipo adecuado para cubiertas de hasta 1000 m² que se destina principalmente a sistemas que descargan el agua ya filtrada directamente al entorno, aunque también se puede descargar a canalizaciones abiertas.

Tiene un precio de \$75 695.00



1. El agua de lluvia se ingresa a la parte baja del filtro.
2. El separador hidrodinámico convierte el flujo turbulento del influente en un flujo laminar, promoviendo la sedimentación de partículas.
3. Los sedimentos son retenidos en una trampa de sólidos.
4. El agua pasa en forma ascendente a través del elemento filtrante.
5. El efluente filtrado puede salir a través de una trampa de aceites.

Fig. 45 Filtro Hydrosystem 1000

Como se puede apreciar por los ejemplos citados, actualmente hay un gran interés por reintroducir el concepto de captación del agua de lluvia, hasta el punto que hay disponibles en el mercado una gran cantidad de equipos para tratar el agua de lluvia y aplicarla a diferentes usos en la industria o la casa, bien sea por que las reglamentaciones lo exigen o por interés del usuario por proteger el recurso hídrico y el ambiente.

En México existe ya un gran interés por revalorizar el agua de lluvia y pruebas de ello son:

- La Ley de Aguas para el Distrito Federal aprobada en 2003, que exige la captación de agua de lluvia en nuevas edificaciones y promueve la implementación de estos sistemas en todas las construcciones.
- La Ley de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático del DF aprobada en Junio de 2011.

Dado el interés en México (especialmente en el D.F.) por el agua de lluvia, tanto por parte de sociedad, como del gobierno, la Secretaría de Medio Ambiente del D.F. tiene un programa que certifica las edificaciones sustentables, para que reciban apoyos fiscales. Además, tanto el Código Fiscal como el Código Financiero dl D.F., prevé en algunos de sus artículos los apoyos existentes para las edificaciones que busquen hacer un buen uso de los recursos y contaminar menos.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 3

- En la actualidad existe un interés renovado por la captación de agua de lluvia y prueba de ello, es la presencia en el mercado de diversos productos para aprovechar la captación pluvial.
- A nivel internacional se realizan en diferentes partes del orbe investigaciones y experimentación en materia de agua de lluvia, en especial Estados Unidos, Canadá, Europa, Australia, la India y Bangladesh.
- En Norteamérica, Europa y Australia se hace además del esfuerzo por investigar el tema, un esfuerzo por legislar sobre el uso y beneficios de la captación de agua de lluvia, para normar su uso.
- En México hay actualmente una buena oferta de productos para la captación de agua de lluvia; en particular los ofrecidos por la empresa “3P Technik” muestran un buen grado de especialización, con el respaldo de una experimentada compañía Europea, una gama amplia y costos atractivos a nivel vivienda.
- En México ya se ha comenzado a legislar sobre el uso del agua de lluvia, para promover una mejora del medio ambiente y mitigar los efectos de la sobreexplotación del recurso hídrico.

Capítulo 4

LA SITUACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

4.1 DISPONIBILIDAD Y CONSUMO DE AGUA EN MÉXICO

La distribución de la precipitación y de la evapotranspiración varía notablemente entre las diferentes regiones del planeta, lo que se traduce en distintos volúmenes de recursos hídricos disponibles en cada una de ellas. Sudamérica y Asia son las regiones con mayores recursos hídricos renovables, mientras que Oceanía y el Caribe poseen los menores volúmenes, la figura inferior, ilustra dicha situación.

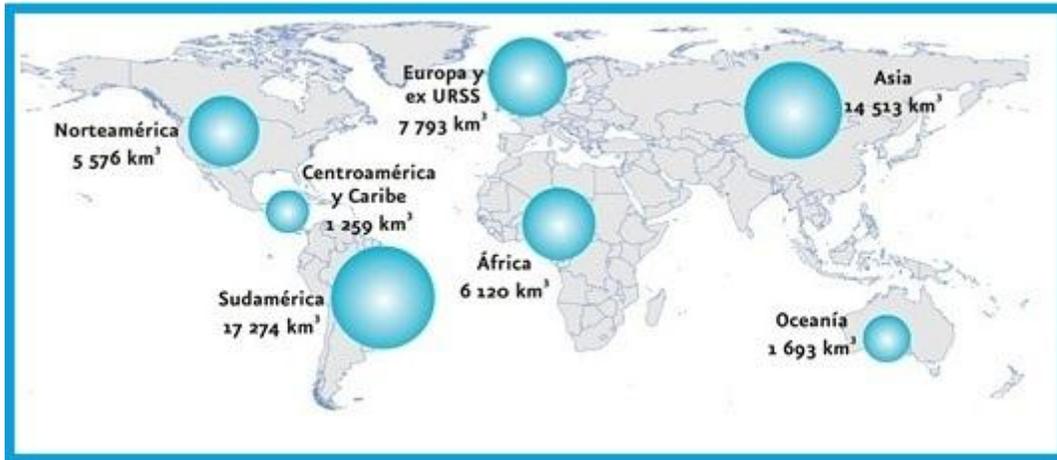


Fig. 46 Reservas de agua dulce en el mundo por región.

En México, el volumen promedio de agua que se obtiene por precipitación cada año es de 1488 kilómetros cúbicos, pero la mayor parte, 1079 km³ (72.5%), regresa a la atmósfera por evapotranspiración. Además del agua que ingresa por precipitación, México recibe por importaciones 49.744 km³ de los ríos de las fronteras Norte y Sur y exporta 0.432 km³ del río Bravo a Estados Unidos. De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad media natural de agua en México es de 458 kilómetros cúbicos en promedio al año; valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con el de Estados Unidos (3051 km³), Canadá (2902 km³) o Brasil (8233 km³) según datos de la FAO del 2007. De acuerdo con esta información, se puede decir que México dispone de cinco mil metros cúbicos de

agua anuales por habitante, aunque existe una irregular distribución regional y temporal del recurso y una reducción de la disponibilidad del recurso a causa de la contaminación.

Para la administración del recurso hídrico, el territorio nacional mexicano se encuentra dividido en trece regiones congruentes con la distribución natural del agua. A estas regiones se les conoce como “Regiones Hidrológico-Administrativas” que agrupan cuencas hidrológicas procurando respetar las divisiones políticas de los municipios de manera que se facilite la administración socioeconómica. A su vez estas regiones administrativas se subdividen en 37 “Regiones Hidrológicas” que tienen un nivel de escurrimiento similar y agrupan a las 718 cuencas hidrográficas de la República Mexicana.

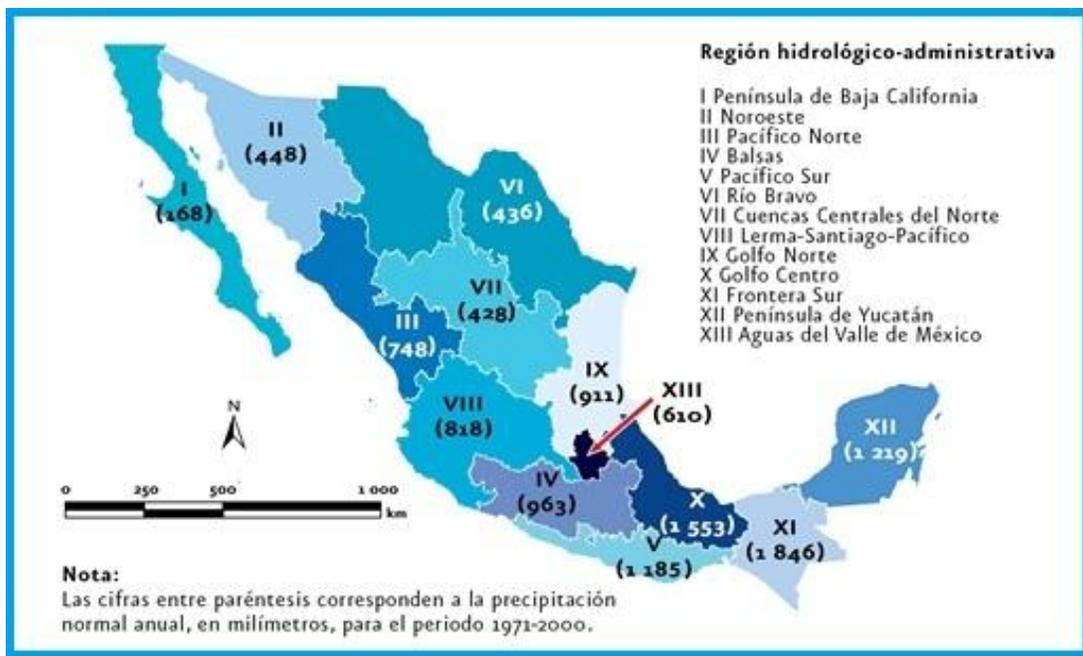


Fig. 47 Grado de presión sobre los recursos hídricos por región hidrológico-administrativa de acuerdo con datos de 2007.

En México, la precipitación promedio anual durante el periodo 1971-2000 fue de 760 milímetros, un volumen que se considera abundante (CNA, 2008). Sin embargo, esta cifra resulta poco representativa de la situación hídrica a lo largo del país. En estados como Baja California Sur, apenas se registran 161 milímetros de lluvia en promedio al año, mientras que en Tabasco la precipitación alcanza los 2102 milímetros.

El escurrimiento superficial también muestra variaciones importantes a lo largo de la geografía del país. Del volumen promedio de agua disponible, 83% (378.4 km³) escurre superficialmente y el resto (79.6 km³) se incorpora a los acuíferos. En la región de la Frontera Sur escurre cerca de 37% del total nacional, encauzado básicamente por los ríos Grijalva y Usumacinta. Por otra parte en las penínsulas de Baja California y Yucatán el escurrimiento superficial es mínimo, cercano al 1%, lo cual responde; en el caso de Baja California, a su escasa precipitación y en el caso de Yucatán a su relieve plano y sustrato permeable que no facilitan la formación de escurrimientos superficiales de importancia, no obstante, en la planicie yucateca se favorece la recarga de aguas subterráneas. La mayor parte de los escurrimientos superficiales del país se canalizan por los grandes ríos, los siete principales; Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Pánuco, Coatzacoalcos, Balsas, Santiago y Tonalá, captan en conjunto 65% del escurrimiento superficial.

| Contribución a la precipitación y superficie de las Regiones Hidrológico-Administrativas | | | | | | |
|--|-----------------------------|-----------------|------|---|---------------------------|------|
| Región Hidrológica-Administrativa | | Superficie | | Precipitación normal anual 1971-2000 (mm) | Precipitación media anual | |
| | | Km ² | % | | hm ³ /año | % |
| I | Baja California | 145 489 | 7.4 | 168.3 | 24 487.4 | 1.6 |
| II | Noroeste | 205 291 | 10.5 | 448.1 | 91 987.8 | 6.2 |
| III | Pacífico Norte | 151 934 | 7.8 | 747.7 | 113 593.9 | 7.6 |
| IV | Balsas | 119 219 | 6.1 | 963.0 | 114 806.7 | 7.7 |
| V | Pacífico Sur | 77 087 | 3.9 | 1184.6 | 91315.6 | 6.1 |
| VI | Rio Bravo | 379 604 | 19.4 | 435.9 | 165 464.7 | 11.1 |
| VII | Cuencas centrales del Norte | 202 385 | 10.3 | 427.6 | 86 548.3 | 5.8 |
| VIII | Lerma Santiago – Pacífico | 190 438 | 9.7 | 817.9 | 155 755.2 | 10.5 |
| IX | Golfo Norte | 127 138 | 6.5 | 910.9 | 115 807.6 | 7.8 |
| X | Golfo Centro | 104 631 | 5.3 | 1552.8 | 162 471.7 | 10.9 |
| XI | Frontera Sur | 101 813 | 5.2 | 1845.6 | 187 904.6 | 12.6 |
| XII | Península de Yucatán | 137 795 | 7.0 | 1219.2 | 167 993.9 | 11.3 |
| XIII | Aguas del Valle de México | 16 424 | 0.8 | 610.2 | 10 022.1 | 0.7 |
| | Nacional | 1 959 248 | 100 | 759.6 | 1 488 191.8 | 100 |

Tabla 9. Contribución a la precipitación y superficie de las Regiones Hidrológico-Administrativas 1971 – 2000. Modificado de “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, documento en línea de la SERMANAT.

De la misma manera que los valores promedio de la precipitación y el escurrimiento no reflejan la heterogeneidad, tampoco muestran las variaciones temporales. En 2004, por ejemplo, la precipitación fue casi 15% superior al promedio del periodo 1971-2000, mientras que en 1994, 1996, 1997, 1998 y 2002 estuvo por debajo de los 760 milímetros. De hecho, considerando a todo el país entre 1994 y 2002, la precipitación promedio estuvo por debajo de la media histórica, mientras que entre los años 2003 y 2007 fue superior a la media histórica del periodo 1971-2000.

| Precipitación normal mensual en milímetros por entidad federativa para el periodo 1997–2000 | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Entidad | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Anual |
| Aguascalientes | 18 | 6 | 2 | 7 | 21 | 75 | 129 | 113 | 77 | 36 | 11 | 11 | 508 |
| Baja California | 31 | 34 | 30 | 8 | 2 | 1 | 3 | 8 | 9 | 11 | 14 | 25 | 177 |
| Baja California Sur | 16 | 9 | 4 | 1 | 1 | 1 | 15 | 38 | 38 | 12 | 9 | 18 | 160 |
| Campeche | 49 | 31 | 26 | 33 | 78 | 191 | 175 | 205 | 243 | 167 | 87 | 53 | 1337 |
| Chiapas | 41 | 37 | 31 | 52 | 146 | 291 | 230 | 276 | 333 | 192 | 86 | 53 | 1768 |
| Chihuahua | 17 | 13 | 7 | 7 | 12 | 39 | 112 | 108 | 75 | 31 | 16 | 21 | 459 |
| Coahuila | 15 | 11 | 8 | 17 | 34 | 51 | 55 | 62 | 71 | 34 | 14 | 15 | 386 |
| Colima | 29 | 3 | 1 | 1 | 14 | 129 | 202 | 213 | 216 | 88 | 28 | 11 | 935 |
| Distrito Federal | 9 | 7 | 12 | 28 | 65 | 156 | 178 | 175 | 146 | 68 | 12 | 7 | 863 |
| Durango | 20 | 7 | 4 | 6 | 13 | 68 | 139 | 139 | 102 | 39 | 18 | 19 | 574 |
| Guanajuato | 13 | 6 | 6 | 14 | 36 | 101 | 142 | 121 | 97 | 41 | 10 | 9 | 595 |
| Guerrero | 14 | 4 | 3 | 7 | 45 | 237 | 234 | 246 | 264 | 119 | 17 | 7 | 1196 |
| Hidalgo | 20 | 17 | 22 | 39 | 67 | 125 | 131 | 119 | 154 | 82 | 32 | 20 | 829 |
| Jalisco | 23 | 6 | 2 | 5 | 20 | 150 | 222 | 200 | 163 | 65 | 21 | 12 | 889 |
| México | 13 | 8 | 10 | 22 | 61 | 155 | 176 | 165 | 144 | 67 | 16 | 9 | 847 |
| Michoacán | 22 | 4 | 4 | 7 | 30 | 156 | 208 | 197 | 176 | 78 | 18 | 9 | 910 |
| Morelos | 11 | 4 | 5 | 14 | 61 | 209 | 192 | 199 | 185 | 74 | 14 | 6 | 976 |
| Nayarit | 29 | 9 | 2 | 2 | 10 | 139 | 309 | 317 | 256 | 77 | 24 | 20 | 1193 |
| Nuevo León | 24 | 16 | 18 | 35 | 66 | 79 | 57 | 80 | 118 | 55 | 20 | 20 | 589 |
| Oaxaca | 14 | 14 | 13 | 28 | 90 | 225 | 205 | 215 | 225 | 101 | 34 | 19 | 1183 |
| Puebla | 19 | 17 | 21 | 40 | 84 | 185 | 168 | 161 | 191 | 97 | 36 | 21 | 1040 |
| Querétaro | 16 | 10 | 13 | 28 | 54 | 123 | 138 | 120 | 138 | 63 | 20 | 13 | 736 |
| Quintana Roo | 58 | 37 | 33 | 45 | 94 | 172 | 148 | 152 | 203 | 152 | 84 | 61 | 1237 |
| San Luis Potosí | 21 | 11 | 13 | 30 | 60 | 112 | 130 | 99 | 127 | 57 | 20 | 20 | 699 |
| Sinaloa | 25 | 11 | 4 | 3 | 4 | 41 | 186 | 197 | 138 | 59 | 33 | 28 | 730 |
| Sonora | 24 | 22 | 13 | 5 | 4 | 14 | 104 | 101 | 52 | 27 | 19 | 33 | 419 |
| Tabasco | 116 | 97 | 58 | 55 | 106 | 243 | 190 | 241 | 331 | 314 | 196 | 148 | 2095 |
| Tamaulipas | 26 | 15 | 19 | 39 | 77 | 117 | 99 | 106 | 144 | 68 | 23 | 27 | 760 |
| Tlaxcala | 8 | 9 | 16 | 38 | 74 | 130 | 121 | 118 | 108 | 56 | 15 | 7 | 700 |
| Veracruz | 54 | 40 | 34 | 43 | 84 | 220 | 254 | 246 | 295 | 176 | 99 | 72 | 1617 |
| Yucatán | 40 | 30 | 28 | 37 | 79 | 148 | 147 | 151 | 183 | 121 | 55 | 45 | 1062 |
| Zacatecas | 18 | 6 | 3 | 7 | 21 | 70 | 104 | 100 | 72 | 34 | 13 | 14 | 463 |

Tabla 10. Precipitación mensual por entidad. Estadísticas del Agua en México 20210, CONAGUA 2010 pág. 25.

| DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA POR REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA | | | |
|--|--|---|---|
| Región Hidrológica-Administrativa | Escurrimiento Natural Medio Total en hm ³ | Recarga Media de Acuíferos en hm ³ | Disponibilidad Natural Media Total en hm ³ |
| I | Baja California | 3367 | 4616 |
| II | Noroeste | 5074 | 8204 |
| III | Pacífico Norte | 22 364 | 25 627 |
| IV | Balsas | 17 057 | 21 651 |
| V | Pacífico Sur | 30 800 | 32 794 |
| VI | Rio Bravo | 6857 | 12 024 |
| VII | Cuencas centrales del Norte | 5506 | 7780 |
| VIII | Lerma Santiago – Pacífico | 26 351 | 34 037 |
| IX | Golfo Norte | 24 227 | 25 500 |
| X | Golfo Centro | 91 606 | 95 455 |
| XI | Frontera Sur | 139 739 | 157 754 |
| XII | Península de Yucatán | 4329 | 29 645 |
| XIII | Agua del Valle de México | 1174 | 3008 |

Tabla 11. Elaborada con datos del “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, SERMANAT.

Aguas Subterráneas Nacionales

El agua subterránea es de suma importancia, puesto que cerca del 37% (29.5 miles de millones de m³/año) del volumen total concesionado para consumo de la población del país, es de origen subterráneo. Para la administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales aparecen publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 5 de Diciembre de 2001.

A partir de la década de los setentas, ha aumentado sustancialmente el número de acuíferos sobreexplotados, en el año 1975 eran 32 acuíferos los que se encontraban sobreexplotados, 80 en 1985, y 101 acuíferos sobreexplotados al 31 de Diciembre de 2008. De estos acuíferos sobreexplotados se extrae el 58% del agua subterránea para todos los usos.

| ACUÍFEROS DEL PAÍS POR REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA, 2008 | | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------|----------------|------------------|--|---------------------------------------|
| Región Hidrológico-Administrativa | | Número de Acuíferos | | | | Recarga Media en hm ³ /año |
| | | Total | Sobreexplotado | Intrusión Marina | Salinización de suelos y aguas subterráneas salobres | |
| I | Península de Baja California | 87 | 8 | 9 | 5 | 1 258.9 |
| II | Noroeste | 63 | 13 | 5 | 0 | 3 249.5 |
| III | Pacífico Norte | 24 | 2 | 0 | 0 | 3 263.0 |
| IV | Balsas | 46 | 2 | 0 | 0 | 4 623.2 |
| V | Pacífico Sur | 35 | 0 | 0 | 0 | 1 994.1 |
| VI | Río Bravo | 100 | 14 | 0 | 7 | 5 079.9 |
| VII | Cuencas Centrales del Norte | 68 | 24 | 0 | 19 | 2 377.7 |
| VIII | Lerma-Santiago-Pacífico | 127 | 32 | 0 | 0 | 7 728.4 |
| IX | Golfo Norte | 40 | 2 | 0 | 0 | 1 316.4 |
| X | Golfo Centro | 22 | 0 | 2 | 0 | 4 259.8 |
| XI | Frontera Sur | 23 | 0 | 0 | 0 | 18 015.2 |
| XII | Península de Yucatán | 4 | 0 | 0 | 1 | 25 315.7 |
| XIII | Aguas del Valle de México | 14 | 4 | 0 | 0 | 2 339.8 |
| Total Nacional | | 653 | 101 | 16 | 32 | 80 821.6 |

Tabla 12. Acuíferos del País por Región Hidrológico-Administrativa 2008. Estadísticas del Agua en México 2010, CONAGUA 201, pág. 43

Por su parte el fenómeno de salinización de suelos y la presencia de aguas subterráneas salobres, se relacionan con; altos índices de evaporación en zonas de niveles someros de agua subterránea, disolución de minerales y presencia de agua de elevada salinidad. Las aguas subterráneas salobres se presentan específicamente en aquellos acuíferos localizados en provincias geológicas

que se caracterizan por formaciones sedimentarias antiguas, someras, de origen marino y evaporítico¹⁴, en las que la interacción del agua subterránea con el material geológico a través del cual circula, produce la concentración de sales. Para finales del año 2008 se identificaron 32 acuíferos con presencia de suelos salinos y agua salobre, localizados principalmente en la Península de Baja California y en el Altiplano Mexicano, donde convergen condiciones de poca precipitación pluvial, altos índices de radiación solar y presencia en el suelo de minerales de fácil disolución.

UBICACIÓN DE LOS ACUÍFEROS SOBREEXPLOTADOS (CONAGUA 2010)

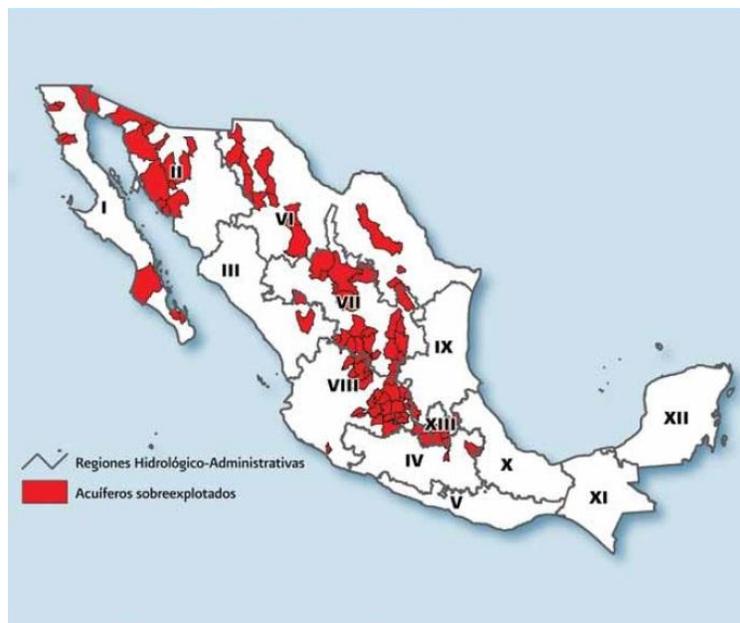


Fig. 48 Acuíferos sobreexplotados

Por otra parte la intrusión marina ocurre cuando se extrae agua de los acuíferos costeros en cantidades tales que es rebasada la capacidad de recarga por infiltración, entonces disminuye la presión hidrostática propia del acuífero y el agua del mar fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con el agua dulce de los acuíferos. En la figura de la siguiente página se presenta un mapa de la Republica Mexicana que muestra los acuíferos con problemas de intrusión marina y salinización.

¹⁴ *sedimentos rocosos formados por la cristalización de sales disueltas de antiguos lagos y mares, como ejemplo el yeso.*

ACUÍFEROS CON INTRUSIÓN MARINA (CONAGUA 2010)

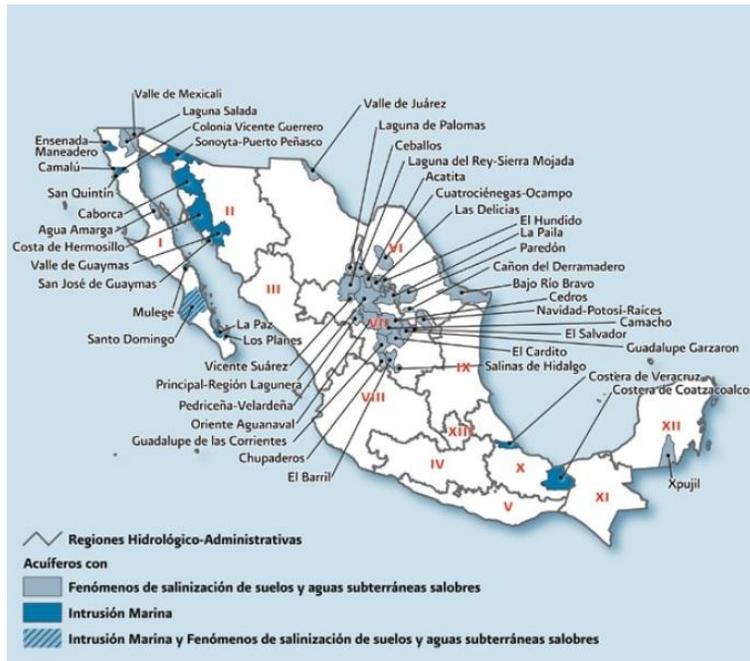


Fig. 49 Acuíferos con intrusión marina

Agua Renovable

México recibe unos 1489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación, de esta agua se estima que el 73.2% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, un 22.1% escurre por los ríos o arroyos, y el 4.7% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, así como cualquier recarga incidental, anualmente el país cuenta con 459 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable.

Los recursos de agua renovable de una región o país se refieren a la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). El agua renovable se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países. Las importaciones de otros países representan el volumen de agua que se genera en las ocho cuencas compartidas con los tres países con los que México tiene

fronteras (Estados Unidos de América, Guatemala y Belice) y que escurre hacia nuestro país. Las exportaciones representan el volumen de agua que México debe entregar a Estados Unidos de América conforme al “Tratado de Aguas” de 1944.

La cantidad de agua renovable anual dividida entre el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable per cápita, en la siguiente página se muestra la cantidad de agua per cápita para cada una de las Regiones Hidrológico-Administrativas.

| AGUA RENOVABLE PER CÁPITA POR REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|--|--|---|--|
| No. | Región Hidrológico-Administrativa | Agua Renovable en hm ³ /año | Población a Diciembre 2008 en millones de habitantes | Agua Renovable per cápita 2008 m ³ /hab/año | Escurecimiento Natural Medio sobre Superficie Total en hm ³ /año | Recarga Media Total de Acuíferos en hm ³ /año |
| I | Península de Baja California | 4 626 | 3.68 | 1 257 | 3 367 | 1 259 |
| II | Noroeste | 8 323 | 2.59 | 3 208 | 5 074 | 3 250 |
| III | Pacífico Norte | 25 627 | 3.96 | 6 471 | 22 364 | 3 263 |
| IV | Balsas | 21 680 | 10.58 | 2 049 | 17 057 | 4 623 |
| V | Pacífico Sur | 32 794 | 4.12 | 7 955 | 30 800 | 1 994 |
| VI | Río Bravo | 11 937 | 10.84 | 1 101 | 6 857 | 5 080 |
| VII | Cuencas Centrales del Norte | 7 884 | 4.15 | 1 898 | 5 506 | 2 378 |
| VIII | Lerma-Santiago-Pacífico | 34 160 | 20.80 | 1 642 | 26 431 | 7 728 |
| IX | Golfo Norte | 25 543 | 4.96 | 5 155 | 24 227 | 1 316 |
| X | Golfo Centro | 95 866 | 9.62 | 9 969 | 91 606 | 4 260 |
| XI | Frontera Sur | 157 754 | 6.56 | 24 043 | 139 739 | 18 015 |
| XII | Península de Yucatán | 29 645 | 3.98 | 7 442 | 4 329 | 25 316 |
| XIII | Aguas del Valle de México | 3 514 | 21.26 | 165 | 1 174 | 2 340 |
| Total Nacional | | 459 351 | 107.12 | 4 288 | 378 530 | 80 822 |

Tabla 13 Datos Geográficos y Socioeconómicos por Región Hidrológico-Administrativa 2008. Estadísticas del Agua en México 2010, CONAGUA 2010, pág. 22

El grado de presión sobre el recurso hídrico o estrés hídrico es un indicador del nivel de presión que la sociedad genera sobre los recursos hídricos de su entorno. El estrés hídrico es la relación entre el volumen total de agua concesionada entre la disponibilidad natural media de agua y expresado como porcentaje. Las consecuencias del estrés hídrico son la reducción del recurso en cantidad (deseccación, abatimiento de niveles, etc.) y calidad (eutrofización, salinización, etc.). Se considera que un país o región vive en estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1700 m³/hab/año o menos, si la disponibilidad media natural es de entre 1000 a 501 m³/hab/año se habla entonces de una situación de escasez hídrica y finalmente si la disponibilidad es menor a 500 m³/hab/año se considera entonces una situación de escasez hídrica absoluta.

En la figura siguiente se presenta una imagen que ilustra diferentes grados de presión sobre los recursos hídricos, en específico se pueden comparar la presión ejercida en la Región XIII “Aguas del Valle de México” con la presión ejercida sobre el recurso en las Regiones Hidrológico-Administrativas vecinas.

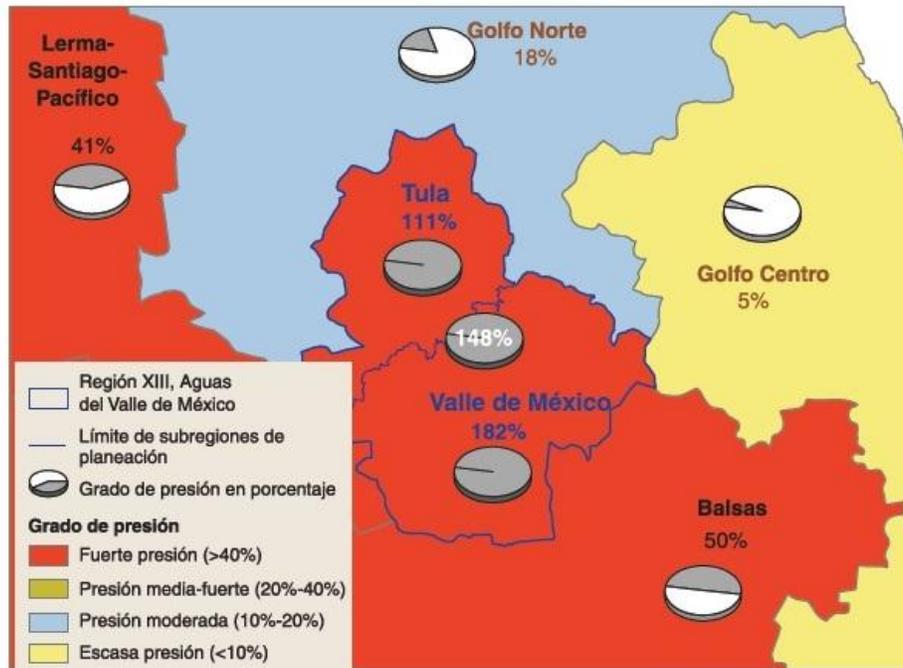


Fig. 50 Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico de la Región XIII y las Regiones Hidrológico-Administrativas vecinas.

Según datos de CONAGUA de fecha 2007 el consumo promedio de agua en México es de 250 litros por día por habitante. La siguiente tabla, muestra el promedio del consumo de agua per cápita por día en México de acuerdo al tipo de clima y al estrato social.

CONSUMO PER CÁPITA EN LITROS DIARIOS

| CLIMA | CONSUMO POR CLASE SOCIOECONÓMICA | | |
|--------------------------|----------------------------------|-------|---------|
| | Residencial | Media | Popular |
| Cálido mayor a 22° C | 400 | 230 | 185 |
| Semicálido de 18 a 22° C | 300 | 205 | 130 |
| Templado de 12 a 18°C | 250 | 195 | 100 |
| Frio menor a 12°C | 250 | 195 | 100 |

Tabla 14 Elaborada con datos tomados de Guía CONAFOVI de “Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales” pág. 19

4.2 LA SITUACIÓN DEL AGUA EN LA REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA XIII “AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO”

La Región Hidrológico-Administrativa XIII, denominada “Aguas del Valle de México”, tiene una superficie total de 16 426 km² y está conformada por el Distrito Federal y cien municipios de los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala. De las trece Regiones Hidrológico-Administrativas del país, esta es la más pequeña, pero también la más poblada, su densidad poblacional es de casi 24 veces la densidad poblacional media nacional.

La Región XIII para fines de planeación, se divide en dos subregiones; “Valle de México” y “Tula”. La Subregión del Valle de México, está formada por las 16 Delegaciones Políticas del D.F. más 50 municipios del Estado de México, 15 de Hidalgo y 4 de Tlaxcala. Por su parte la Subregión Tula está conformada por 24 municipios del Estado de Hidalgo y 7 del Estado de México.



Fig. 51 Ubicación de la Región XIII “Aguas del Valle de México” Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 16

En la Región “Aguas del Valle de México” la producción de agua es de unos 59.74 m³/s, que proviene de fuentes subterráneas en un 75%, mientras que el 25% restante proviene de fuentes superficiales de agua. En cuanto a la disponibilidad de agua subterránea, se puede decir que se ha concesionado una extracción máxima de 1226.43 millones de metros cúbicos al año, aunque la extracción efectiva ha sido menor, con una extracción de solo 623.80 millones de metros cúbicos al año, si se considera que la capacidad de recarga del acuífero de la zona es de 512.80 millones de m³/año, existe entonces un déficit equivalente a 21.65%.

Disponibilidad del Agua en la Región Hidrológico-Administrativa XIII

En esta región casi el 76% del agua que llueve se evapora y regresa a la atmosfera, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos.

| Valores Anuales del Ciclo Hidrológico Regional | |
|--|----------------------------|
| Precipitación media histórica (1980-2004) | 10 375.58 hm ³ |
| Evaporación media | 7 499.50 hm ³ |
| Escurrimiento superficial virgen medio | 1 174.73 hm ³ |
| Recarga media de acuíferos | 1 710.60 hm ³ |
| Disponibilidad natural media por habitante | 135.71 m ³ /hab |

Tabla 15 Valores Anuales del Ciclo Hidrológico Regional. Estadísticas del Agua para la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 62

Esquematzación de los componentes del ciclo hidrológico de la Región XIII

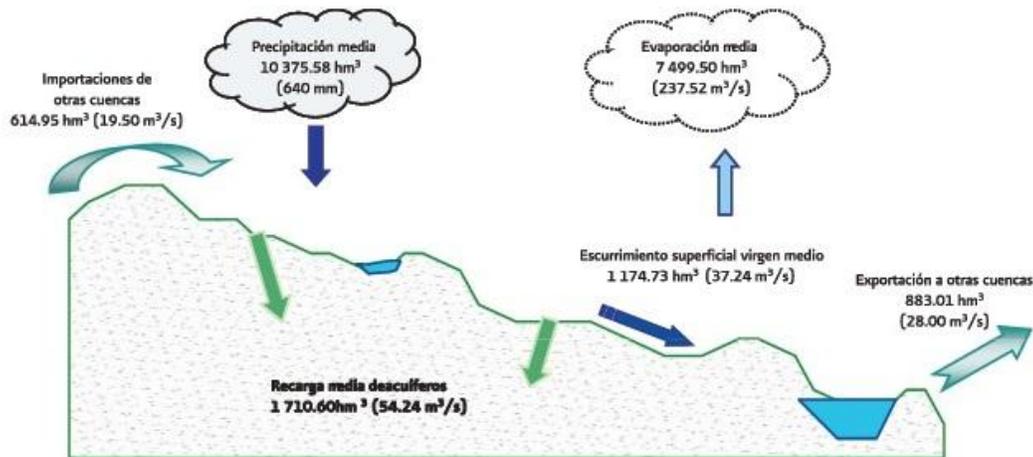


Fig. 52 Componentes del ciclo hidrológico de la Región XIII “Aguas del Valle de México”. Estadísticas del Agua para la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 62

En la figura anterior, las importaciones de otras cuencas se refieren al volumen de agua proveniente del sistema “Cutzamala” que es agua superficial y del sistema “Lerma” que es agua subterránea. Las exportaciones se refieren al volumen de agua que finalmente se va al río Pánuco a través de la cuenca de Tula.

Precipitación

La precipitación media anual en la Región XIII es de 640 milímetros, que es inferior a la media nacional de 760 milímetros. El periodo de lluvias en la región, está comprendido entre los meses de Junio a Septiembre, siendo más intenso en los meses de Julio y Agosto. La distribución temporal de la precipitación influye en la disponibilidad del recurso hídrico, pues el 68% de la precipitación cae entre los meses de Junio a Septiembre.

En la Región XIII, la disponibilidad natural media per cápita se estima en unos 136 metros cúbicos por habitante al año. En cuanto a las subregiones de planeación, existe un contraste en relación a este indicador, ya que mientras que en Tula se tiene una disponibilidad de 1522 m³/hab/año en el Valle de México es de tan solo 74 m³/hab/año, que es uno de los valores mas bajos que se registra en el país, mientras que el valor de la disponibilidad natural media anual del país es de 4312 m³/hab/año. De acuerdo con lo explicado en la página 71, cifras menores a 500 m³/hab/año, indican que en la subregión Valle de México se vive una situación de escasez hídrica absoluta.

El crecimiento desordenado de la población en la Región XIII, ha tenido como consecuencia la necesidad de extraer mayores volúmenes de agua del subsuelo para satisfacer la demanda de agua potable, así como la importación de agua de otras cuencas.

Originalmente la cuenca del Valle de México estaba compuesta por un sistema lacustre de casi dos mil kilómetros cuadrados, conformado por cinco grandes lagos; Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Chalco y Xochimilco. Durante y después de la época colonial se llevaron a cabo diferentes proyectos para sacar el agua de los lagos fuera de la cuenca, atendiendo a diversos supuestos; desde la reducción de inundaciones y el saneamiento, a la ganancia de terreno a expensas de los cuerpos de agua, situación que se aceleraría por el aumento de la urbanización, hasta que se llegó al punto actual en el que los embalses del Valle de México solo cubren una extensión de 15.6 Km².

| Extracción total de agua en la Región XIII en hm ³ /año | | | | | |
|--|----------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|---------|
| Subregión de Planeación | Extracción de Aguas Subterráneas | Aprovechamiento de Aguas Superficiales | Importaciones de otras Cuencas | Aprovechamiento de Aguas Residuales | Total |
| Valle de México | 1876.39 | 91.45 | 614.95 | 0.0 | 2582.80 |
| Tula | 167.14 | 220.75 | 0.00 | 1545.26 | 1933.16 |
| Total | 2043.53 | 312.21 | 614.95 | 1545.26 | 4515.96 |

Tabla 16 Extracción total de agua en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 64

De las 37 Regiones Hidrológicas en las que se ha dividido a la República Mexicana, las cuencas hidrológicas del Valle de México y Río Tula, se encuentran dentro de la región hidrológica del Pánuco; limitando al Norte con las cuencas de los ríos San Juan y Moctezuma (afluentes del Río Pánuco), por el Sur limitan con las cuencas del Alto Río Amacuzac y Alto Río Balsas, que pertenecen a la región hidrológica “del Balsas”, por el lado Este la colindancia es con la cuenca hidrológica del Río Tecolutla y al Oeste con la región hidrológica “Lerma-Santiago”. La delimitación hidrográfica de las cuencas, varía ligeramente respecto de la administrativa, puesto que esta última se realizó procurando ajustarla a los límites municipales, mientras que la primera se realizó siguiendo los parteaguas naturales de las cuencas. La cuenca del Valle de México se dividió en siete subcuencas y la del Río Tula en seis. La siguiente tabla muestra los datos relevantes de cada una de las subcuencas en las que se dividió la cuenca del Valle de México.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de las Subcuencas Hidrográficas de la Región XIII y también la disponibilidad total de agua por subcuenca.

| Principales características de las subcuencas de la Región Hidrográfica XIII | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| Valle de México | Subcuenca hidrográfica | Superficie (km ²) | Principales corrientes | Almacenamientos | Precipitación media anual (mm) |
| 1 | Xochimilco | 508.2 | Ríos San Gregorio, San Lucas, Santiago y San Buenaventura | Lagos de Xochimilco, Tláhuac, Mixquic | 870.2 |
| 2 | Río de la Compañía | 1167.2 | Ríos de la Compañía, San Rafael, San Francisco y Amecameca | | 751.2 |

| Principales características de las subcuencas de la Región Hidrográfica XIII | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------------------------|--|---|----------------------------------|
| 3 | Texcoco | 1398.5 | Ríos San Juan Teotihuacán, Papalotla, Texcoco, Chapingo, San Bernardino y Coatepec | Lago Nabor Carrillo y Lago Churubusco | 612.8 |
| 4 | Río de la Avenidas de Pachuca | 2646.9 | Ríos de las Avenidas de Pachuca, Tizar y Pachuca | | 532.2 |
| 5 | Ciudad de México | 1816.3 | Ríos Magdalena, Becerra, Tacubaya, Barranca del Muerto, Mixcoac, San Javier, Hondo y de los Remedios | Laguna de Zumpango y Vaso de Cristo | 895.7 |
| 6 | Río Cuautitlán | 832.8 | Ríos Cuautitlán y Tepetzotlán | La Concepción, Lago de Guadalupe e Iturbide | 844.6 |
| 7 | Tochac-Tecocomulco | 1328.0 | Arroyos Atocha, Malayerba, Tepozan y Cuatlaco | Laguna de Tecocomulco | 660.6 |
| Río Tula | Subcuenca hidrográfica | Superficie (km²) | Principales corrientes | Almacenamientos | Precipitación media anual |
| 1 | Presa Requena | 759.7 | Río Tepeji | Taxhimay y Requena | 750.0 |
| 2 | Presa Endhó | 1356.2 | Río Tula | Danxho y Endhó | 675.0 |
| 3 | Río Salado | 671.2 | Río El Salado | | 575.0 |
| 4 | Río Actopan (Chicavasco) | 1295.2 | Río Chicavasco | El Durazno y Debodhe | 402.2 |
| 5 | Río Tula | 1464.8 | Río Tula | | 432.1 |
| 6 | Río Alfajayucan | 842.6 | Río Alfajayucan | Rojo Gómez y Vicente Aguirre | 482.1 |

Tabla 17 Principales características de las subcuencas hidrográficas de la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 66

A continuación se describe de cuanta agua se dispone en cada subcuencas de la Región XIII.

| Disponibilidad de Agua en el Valle de México y Tula en millones de metros cúbicos | | | | | | |
|--|---|------------------------------------|----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Valle de México | Volumen medio anual de escurrimiento | Volumen anual de extracción | Volumen anual de retornos | Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo | Volumen anual comprometido aguas abajo | Disponibilidad media anual |
| Xochimilco | 77.11 | 0.00 | 128.44 | 205.55 | 204.15 | 1.40 |
| Río de la Compañía | 75.08 | 10.70 | 98.28 | 162.66 | 161.55 | 1.11 |
| Tochac – Tecocomulco | 27.59 | 2.17 | 2.74 | 28.16 | 27.98 | 0.18 |
| Valle de México | Volumen medio anual de escurrimiento | Volumen anual de extracción | Volumen anual de retornos | Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo | Volumen anual comprometido aguas abajo | Disponibilidad media anual |
| Río de las Avenidas de Pachuca | 87.18 | 11.29 | 28.52 | 132.57 | 131.67 | 0.90 |
| Texcoco | 46.49 | 12.92 | 21.18 | 54.75 | 54.38 | 0.37 |
| Ciudad de México | 331.64 | 629.81 | 817.13 | 1553.82 | 1538.93 | 14.89 |
| Río Cuautitlán | 101.22 | 131.52 | 66.77 | 36.47 | 36.11 | 0.36 |

| Tula | Volumen medio anual de escurrimiento | Volumen anual de extracción | Volumen anual de retornos | Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo | Volumen anual comprometido aguas abajo | Disponibilidad media anual |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---|--|----------------------------|
| Presa Requena | 107.78 | 13.00 | 0.00 | 91.11 | 90.22 | 0.89 |
| Presa Endhó | 121.58 | 118.73 | 0.00 | 631.97 | 624.51 | 7.46 |
| Río Salado | 45.44 | 214.70 | 0.00 | 872.85 | 862.54 | 10.31 |
| Río Actopan | 42.23 | 382.70 | 139.84 | 44.26 | 46.74 | 0.52 |
| Río Alfajayucan | 45.88 | 105.96 | 0.00 | 92.21 | 91.12 | 1.09 |
| Río Tula | 65.10 | 710.66 | 289.59 | 882.25 | 857.46 | 24.79 |
| Totales | 1174.32 | 2344.16 | 1592.49 | 4788.63 | 4724.36 | 24.79 |

Tabla 18 Disponibilidad de Agua en el Valle de México y Tula en millones de metros cúbicos. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 66

La siguiente figura, muestra la ubicación de las subcuencas hidrográficas descritas.



Fig. 53 Subcuencas Hidrográficas de la Región XIII "Aguas del Valle de México". Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 67

Aguas Subterráneas

Para fines administrativos del agua subterránea en la región se tienen identificados catorce acuíferos, siete en cada subregión de planeación. Actualmente cinco acuíferos están sometidos a sobreexplotación, cuatro en la subregión Valle de México y uno en Tula. En la Región XIII el agua

subterránea tiene una gran importancia, pues en esta región los acuíferos suministran un 69% del agua para la población.

En la siguiente figura se muestra un mapa y una tabla sobre la situación que guardan los acuíferos de la Región Hidrológico-Administrativa XIII.

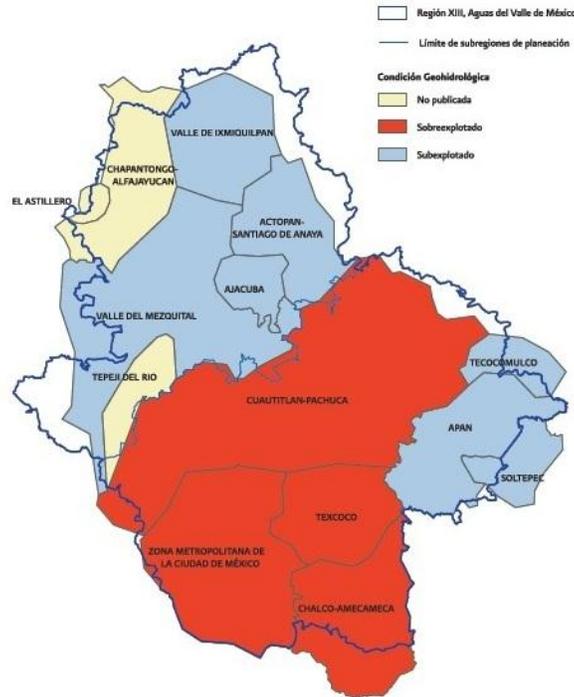


Fig. 54 Condición hidrogeológica de los acuíferos de la Región XIII” Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 72

| Situación de los Acuíferos de la Región XIII (hm ³ /año) | | | | | |
|---|---|---------------|-------------------------------|--|--|
| Subregión Valle de México | | | | | |
| Clave | Unidad hidrogeológica (Acuífero) | Recarga | Descarga natural comprometida | Volumen concesionado de aguas subterráneas | Disponibilidad media de agua subterránea |
| 0901 | Zona Metropolitana de la Ciudad de México | 279.00 | 0.00 | 1248.58 | -969.58 |
| 1319 | Tecocomulco | 27.80 | 0.52 | 0.01 | 27.27 |
| 1320 | Apan | 99.30 | 0.00 | 7.85 | 91.45 |
| 1506 | Chalco-Amecameca | 74.00 | 0.00 | 90.36 | -16.36 |
| 1507 | Texcoco | 48.60 | 0.00 | 92.54 | -43.94 |
| 1508 | Cuautitlán-Pachuca | 202.90 | 0.00 | 243.39 | -40.49 |
| 2902 | Soltepec | 19.10 | 0.00 | 17.85 | 1.25 |
| Subtotal | | 750.70 | 0.52 | 1700.58 | -950.40 |

| Situación de los Acuíferos de la Región XIII (hm ³ /año) | | | | | |
|---|----------------------------------|---------|-------------------------------|--|--|
| Subregión Tula | | | | | |
| Clave | Unidad hidrogeológica (Acuífero) | Recarga | Descarga natural comprometida | Volumen concesionado de aguas subterráneas | Disponibilidad media de agua subterránea |
| 1310 | Valle del Mezquital | 672.70 | 500.00 | 157.38 | 15.32 |
| 1312 | Ixmiquilpan | 78.00 | 57.00 | 0.33 | 20.67 |
| 1313 | Actopan-Santiago de Anaya | 171.90 | 89.95 | 32.13 | 49.82 |
| 1308 | El Astillero | 2.50 | | 2.50 | No publicada |
| 1309 | Chapantongo-Alfajayucan | 7.00 | | 3.31 | No publicada |
| 1311 | Ajacuba | 10.80 | 2.50 | 0.69 | 7.61 |
| 1316 | Tepeji del Río | 17.00 | | 8.67 | No publicada |
| Subtotal | | 956.10 | 646.95 | 205.04 | 85.81 |
| Totales | | 1710.60 | 649.97 | 1905.60 | -856.99 |

Tabla 19 Situación de los acuíferos de la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 71

Usos del Agua e Infraestructura

En la Región Hidrológico-Administrativa No. XIII el 70% del agua concesionada para abasto público y para la industria autoabastecida, proviene de fuentes subterráneas, mientras que para el sector agropecuario el 78.5% del agua concesionada es de origen superficial.

| Volúmenes concesionados por uso y tipo de aprovechamiento (hm ³ /año) | | | |
|--|-------------|-------------|---------|
| Uso | Origen | | Total |
| | Superficial | Subterráneo | |
| Agrícola | 1155.07 | 209.94 | 1365.01 |
| Agroindustrial | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Doméstico | 0.07 | 2.05 | 2.11 |
| Acuicultura | 21.89 | 0.00 | 21.89 |
| Servicios | 7.99 | 6.90 | 14.90 |
| Industrial | 45.87 | 221.16 | 267.03 |
| Pecuario | 1.10 | 3.11 | 4.22 |
| Público Urbano | 539.80 | 1709.80 | 2249.59 |
| Energía Eléctrica | 220.75 | 0.00 | 220.75 |
| Usos Combinados | 8.54 | 111.36 | 119.90 |
| Total | 2001.08 | 2264.32 | 4265.40 |

Tabla 20 Volúmenes concesionados por uso y tipo de aprovechamiento en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 86

En la siguiente página se muestra un gráfico sobre la proporción de volumen concesionado de acuerdo a su tipo de aprovechamiento.

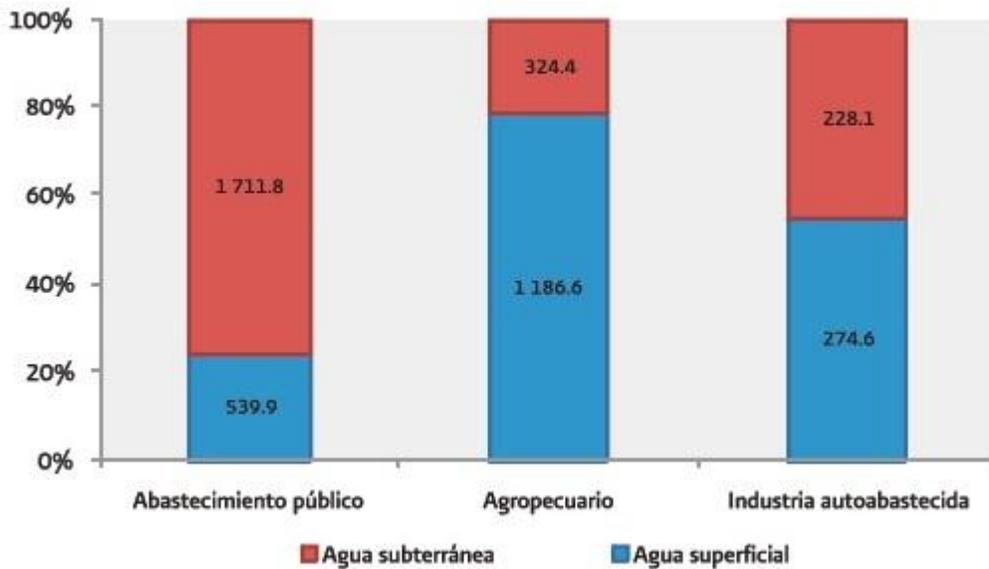


Fig. 55 Volúmenes concesionados en la Región XIII, por usos consumitivos y origen. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 87

En términos generales se mantiene un alza en la cantidad de agua usada y consecuentemente se han concesionado mayores volúmenes para extracción a lo largo de los años. El Estado de México es la entidad que tiene concesionado el mayor volumen de aguas nacionales y del agua para concesionar en la Región XIII, dicha entidad federativa tiene concesionado el 38.9%, le sigue Hidalgo con 34.4%, el Distrito Federal con 26.3% y Tlaxcala con menos del 1%.

Reutilización del Agua en la Región XIII

En la subregión Tula, la reutilización de las aguas residuales sin tratar generadas en la ZMVM, ha sido práctica común desde hace más de cien años, en particular en el Distrito de Riego 003 “Tula”. La reutilización del agua residual en la Región XIII asciende a un volumen anual de 1785 hectómetros cúbicos¹⁵ al año (56.60 m³/seg), que es el mayor del país, de este volumen, cerca del 94% se usa para riego agrícola en el Valle de Tula, un 4% se utiliza para riego de jardines y lavado de automóviles en el Valle de México y el 2% restante es usado por las industrias de ambas subregiones.

En la tabla de la siguiente página se presentan los datos sobre los volúmenes de reutilización del agua en la Región XIII.

¹⁵ Un hectómetro cúbico equivale a un millón de metros cúbicos.

| Reutilización del agua en la Región XIII | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| Usuario | Valle de México | | Tula | | Tlaxcala | | % Total de Reutilización |
| | m ³ /seg | hm ³ /año | m ³ /seg | hm ³ /año | m ³ /seg | hm ³ /año | |
| Agropecuario | 3.20 | 100.92 | 49.90 | 1573.65 | 53.10 | 1674.56 | 93.82 |
| Abastecimiento Público | 2.10 | 66.23 | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 66.23 | 3.71 |
| Industrial | 0.50 | 15.77 | 0.90 | 28.38 | 1.40 | 44.15 | 2.47 |
| Total | 5.80 | 182.91 | 50.80 | 1602.03 | 56.60 | 1784.94 | 100.00 |

Tabla 21 Volúmenes de agua residual reutilizada en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 90

Cobertura de Agua Potable y Alcantarillado

De acuerdo con lo reportado en el documento “Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México” Editado por CONAGUA en el 2009; a nivel nacional la cobertura de drenaje fue del 85.6% y la de agua potable del 89.2%. La Región XIII por su parte presenta coberturas más altas que la media nacional, con un 97.21% de cobertura de servicio de alcantarillado y un 96.53% de cobertura en el servicio de agua potable. Cabe mencionar en este sentido, que las poblaciones rurales son las que presentan los rezagos más fuertes en la prestación del servicio, sobre todo el de alcantarillado.

| Coberturas de agua potable y alcantarillado, 2005 | | | | | | |
|---|-----------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Entidad federativa | Cobertura total | | Cobertura urbana | | Cobertura rural | |
| | Agua potable | Alcantarillado | Agua potable | Alcantarillado | Agua potable | Alcantarillado |
| Distrito Federal | 97.58 | 98.59 | 97.78 | 98.64 | 41.73 | 86.63 |
| Hidalgo | 95.72 | 89.74 | 97.15 | 96.33 | 92.76 | 76.03 |
| México | 95.75 | 97.02 | 96.35 | 97.70 | 79.83 | 79.13 |
| Tlaxcala | 97.21 | 95.80 | 97.63 | 97.02 | 95.75 | 91.51 |
| Total | 96.53 | 97.21 | 97.03 | 98.05 | 85.35 | 78.04 |
| Subregión de planeación | | | | | | |
| Subregión Valle de México | 96.62 | 97.94 | 97.04 | 98.24 | 78.86 | 85.21 |
| Subregión Tula | 94.75 | 81.50 | 96.59 | 90.73 | 92.49 | 70.16 |
| Total | 96.53 | 97.21 | 97.03 | 98.05 | 85.35 | 78.04 |

Tabla 22 Coberturas de agua potable y alcantarillado, 2005. Estadísticas del agua de la Región XIII, Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 111

4.3 SITUACIÓN DEL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM)

La Zona Metropolitana del Valle de México o ZMVM, está conformada por las 16 Delegaciones Políticas del D.F. y 59 municipios del Estado de México, así como un municipio del Estado de

Hidalgo. A continuación en forma de tablas se presentan las delegaciones y los municipios que conforman la ZMVM con sus datos relativos a superficie y a sus poblaciones para el año 2008.

| Delegaciones de la Ciudad de México Distrito Federal | | | | | | |
|--|-------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|--------|
| No. | Clave | Nombre | Superficie (km ²) | Población al 2008 | | |
| | | | | Total | Urbana | Rural |
| 1 | 9002 | Azcapotzalco | 33.54 | 420 057 | 420 057 | 0 |
| 2 | 9003 | Coyoacán | 54.03 | 625 254 | 625 254 | 0 |
| 3 | 9004 | Cuajimalpa de Morelos | 70.73 | 188 173 | 185 712 | 2461 |
| 4 | 9005 | Gustavo A. Madero | 87.65 | 1 173 512 | 1 173 512 | 0 |
| 5 | 9006 | Iztacalco | 23.21 | 388 169 | 388 169 | 0 |
| 6 | 9007 | Iztapalapa | 113.45 | 1 854 383 | 1 854 383 | 0 |
| 7 | 9008 | Magdalena Contreras | 63.51 | 234 471 | 223 776 | 695 |
| 8 | 9009 | Milpa Alta | 288.13 | 128 605 | 117 861 | 10 744 |
| 9 | 9010 | Álvaro Obregón | 96.03 | 719 357 | 719 054 | 304 |
| 10 | 9011 | Tláhuac | 85.91 | 370 928 | 368 218 | 2 710 |
| 11 | 9012 | Tlalpan | 311.62 | 620 462 | 613 003 | 7459 |
| 12 | 9013 | Xochimilco | 118.13 | 424 558 | 416 624 | 7934 |
| 13 | 9014 | Benito Juárez | 26.72 | 362 115 | 362 115 | 0 |
| 14 | 9015 | Cuauhtémoc | 32.69 | 530 785 | 530 785 | 0 |
| 15 | 9016 | Miguel Hidalgo | 46.39 | 357 826 | 357 826 | 0 |
| 16 | 9017 | Venustiano Carranza | 33.77 | 440 330 | 440 330 | 0 |

Tabla 23 Delegaciones Políticas de la Ciudad de México D.F

| Municipios del Estado de México | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|--------|
| No. | Clave | Nombre | Superficie (km ²) | Población al 2008 | | |
| | | | | Total | Urbana | Rural |
| 1 | 15002 | Acolman | 83.95 | 87 693 | 84 814 | 2879 |
| 2 | 15009 | Amecameca | 189.48 | 50 952 | 43 119 | 7833 |
| 3 | 15010 | Apaxco | 75.73 | 27 301 | 21 018 | 6283 |
| 4 | 15011 | Atenco | 83.80 | 48 487 | 44 400 | 4087 |
| 5 | 15013 | Atizapán de Zaragoza | 91.07 | 478 440 | 477 809 | 631 |
| 6 | 15015 | Atlautla | 162.06 | 24 013 | 21 310 | 2703 |
| 7 | 15016 | Axapusco | 230.94 | 23 588 | 14 947 | 8642 |
| 8 | 15017 | Ayapango | 36.41 | 6803 | 3287 | 3516 |
| 9 | 15020 | Coacalco de Berriozábal | 35.10 | 313 680 | 313 547 | 133 |
| 10 | 15022 | Cocotitlán | 14.86 | 13 357 | 10 282 | 3076 |
| 11 | 15023 | Coyotepec | 49.32 | 42 354 | 38 803 | 3551 |
| 12 | 15024 | Cuautitlán | 26.32 | 132 707 | 127 350 | 5357 |
| 13 | 15025 | Chalco | 219.22 | 285 988 | 273 273 | 12 716 |
| 14 | 15028 | Chiautla | 20.70 | 24 637 | 16 256 | 8381 |
| 15 | 15029 | Chicoloapan | 53.91 | 227 551 | 225 615 | 1937 |
| 16 | 15030 | Chiconcuac | 6.82 | 21 015 | 20 367 | 648 |
| 17 | 15031 | Chimalhuacán | 44.69 | 549 792 | 548 572 | 1220 |
| 18 | 15033 | Ecatepec de Morelos | 160.17 | 1 729 707 | 1 728 979 | 728 |
| 19 | 15034 | Ecatzingo | 50.77 | 8697 | 6627 | 2070 |
| 20 | 15035 | Huehuetoca | 118.02 | 73 784 | 67 317 | 6468 |
| 21 | 15036 | Hueyoxtla | 233.91 | 38 979 | 28 370 | 10 610 |
| 22 | 15037 | Huixquilucan | 140.67 | 242 762 | 216 719 | 26 043 |
| 23 | 15038 | Isidro Fabela | 75.79 | 9530 | 0 | 9530 |
| 24 | 15039 | Ixtapaluca | 327.40 | 520 569 | 511 091 | 9478 |
| 25 | 15044 | Jaltenco | 4.73 | 27 523 | 27 523 | 0 |

| Municipios del Estado de México | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------|--------|
| No. | Clave | Nombre | Superficie (km ²) | Población al 2008 | | |
| | | | | Total | Urbana | Rural |
| 26 | 15046 | Jilotzingo | 119.70 | 13 747 | 5751 | 7996 |
| 27 | 15050 | Juchitepec | 140.11 | 22 745 | 21 885 | 861 |
| 28 | 15053 | Melchor Ocampo | 17.78 | 38 209 | 33 722 | 4487 |
| 29 | 15057 | Naucalpan de Juárez | 156.63 | 804 436 | 788 428 | 16 008 |
| 30 | 15058 | Nezahualcóyotl | 63.74 | 1 096 226 | 1 095 831 | 395 |
| 31 | 15059 | Nextlalpan | 54.51 | 24 781 | 18 021 | 6760 |
| 32 | 15060 | Nicolás Romero | 235.65 | 332 610 | 312 781 | 19 829 |
| 33 | 15061 | Nopaltepec | 83.70 | 8889 | 7441 | 1448 |
| 34 | 15065 | Otumba | 195.56 | 31 036 | 19 633 | 11 403 |
| 35 | 15068 | Ozumba | 45.64 | 24 788 | 21 412 | 3376 |
| 36 | 15069 | Papalotla | 3.19 | 3938 | 3867 | 72 |
| 37 | 15070 | Paz, La | 36.36 | 246 926 | 246 575 | 352 |
| 38 | 15075 | San Martín de las Pirámides | 67.22 | 23 021 | 13 131 | 9891 |
| 39 | 15081 | Tecámac | 157.34 | 333 552 | 327 590 | 5962 |
| 40 | 15083 | Temamatla | 28.75 | 11 152 | 5600 | 5552 |
| 41 | 15084 | Temascalapa | 163.80 | 36 200 | 29 324 | 6876 |
| 42 | 15089 | Tenango del Aire | 37.77 | 10 237 | 5463 | 4774 |
| 43 | 15091 | Teoloyucan | 53.04 | 79 121 | 74 980 | 4141 |
| 44 | 15092 | Teotihuacán | 83.16 | 48 975 | 40 534 | 8441 |
| 45 | 15093 | Tepetlaotoc | 178.37 | 27 855 | 17 856 | 9999 |
| 46 | 15094 | Tepetlixpa | 42.98 | 17 288 | 12 231 | 5057 |
| 47 | 15095 | Tepotztlán | 187.82 | 72 501 | 63 187 | 9314 |
| 48 | 15096 | Tequixquiac | 122.32 | 33 566 | 31 766 | 1800 |
| 49 | 15099 | Texcoco | 432.61 | 215 444 | 202 727 | 12 717 |
| 50 | 15100 | Tezoyuca | 17.46 | 29 836 | 26 092 | 3744 |
| 51 | 15103 | Tlalmanalco | 161.57 | 45 637 | 35 704 | 9933 |
| 52 | 15104 | Tlalnepantla de Baz | 77.17 | 665 346 | 665 324 | 23 |
| 53 | 15108 | Tultepec | 27.22 | 120 915 | 115 413 | 5502 |
| 54 | 15109 | Tultitlán | 69.15 | 508 171 | 505 675 | 2497 |
| 55 | 15112 | Villa del Carbón | 306.56 | 42 072 | 16 611 | 25 461 |
| 56 | 15120 | Zumpango | 223.95 | 142 519 | 124 880 | 17 639 |
| 57 | 15121 | Cuautitlán Izcalli | 109.54 | 528 743 | 523 708 | 5036 |
| 58 | 15122 | Valle de Chalco Solidaridad | 46.53 | 342 132 | 341 148 | 984 |
| 59 | 15125 | Tonanitla | 8.47 | 9250 | 6543 | 2708 |

Tabla 24 Municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM

| Municipio de Hidalgo | | | | | | |
|----------------------|-------|----------|-------------------------------|-------------------|--------|--------|
| No. | Clave | Nombre | Superficie (km ²) | Población al 2008 | | |
| | | | | Total | Urbana | Rural |
| 1 | 13069 | Tizayuca | 77.20 | 63 622 | 52 607 | 11 016 |

Tabla 25 Municipio de Hidalgo perteneciente a la ZMVM

Tablas sobre los Municipios que integran la ZMVM. Elaboradas con datos de Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 17

Costos por Suministro de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

El costo por m³ de agua suministrada asciende a \$2.02 como mínimo, y hasta \$8.20. De igual forma, los servicios de alcantarillado sanitario van de \$1.00 hasta \$1.80, y los de saneamiento

desde \$1.00 hasta \$2.40. El costo total de los servicios está comprendido en un rango de \$4.02 hasta \$12.40, por cada metro cúbico.

| | Inversión \$/m ³ | | Operación y mantenimiento \$/m ³ | |
|------------------------------|-----------------------------|------|---|------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Captación del agua en bloque | 0.50 | 3.00 | 0.50 | 3.00 |
| Potabilización | 0.10 | 0.50 | 0.02 | 0.30 |
| Distribución | 0.60 | 0.90 | 0.30 | 0.50 |

Tabla 26 Costos aproximados de Producción de agua potable en la ZMVM

De los datos de la tabla anterior resulta que el subtotal de inversión, operación y mantenimiento, oscila entre los \$2.02 y \$8.20 por metro cúbico de agua.

| | Inversión \$/m ³ | | Operación y mantenimiento \$/m ³ | |
|--------------------------|-----------------------------|------|---|------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Alcantarillado sanitario | 0.80 | 1.20 | 0.60 | 1.30 |
| Saneamiento | 0.20 | 0.60 | 0.40 | 1.10 |

Tabla 27 Costos aproximados de alcantarillado en la ZMVM

De los datos de la tabla anterior resulta que el subtotal de inversión, operación y mantenimiento, oscila entonces entre \$2.00 y \$4.20 por metro cúbico de agua servida, finalmente el costo combinado de suministrar agua potable y disponer las aguas servidas oscila entre los \$4.20 y los \$12.40 por metro cúbico de agua para uso de la ciudadanía.

Tarifas Aplicables por el Suministro de Agua Potable para uso Doméstico

En México, las tarifas de agua potable son fijadas de diferente manera a nivel municipal, generando fluctuaciones entre las mismas. En el caso del Distrito Federal, las tarifas se publican en el Código Financiero del Distrito Federal y se aplican a sus 16 Delegaciones. Los organismos operadores tienen la facultad de cobrar los derechos y aportaciones de acuerdo a la ley correspondiente, en los estados de Hidalgo y México, a través de cuotas y tarifas para el cobro de servicios de suministro de agua potable, drenaje y tratamiento de aguas residuales, que se aprueban y publican anualmente. La forma para calcular el monto a pagar por los usuarios, varía de acuerdo a cada entidad federativa.

Ejemplo:

Si el Consumo Bimestral en el D.F. y Estado de México fuera de 27m³

Cuota mínima (20m³/bimestre) = \$35.63

Cuota adicional = 7m³ x 3.59 pesos/m³ = \$25.13

Total a pagar por consumo de 27m³ al bimestre = \$60.76

En la siguiente tabla se muestran las tarifas aplicables a algunos municipios de esta región, específicamente de tomas de uso doméstico que cuentan con medidor instalado

| Tarifas 2008 por suministro de agua potable en el Distrito Federal | | | | | | | |
|---|-----------------|-------------------|---|--|-------------------|---|--|
| Consumo bimestral en m ³ | | | | | | | |
| 2008 | | | | 2009 | | | |
| Límite inferior | Límite superior | Cuota mínima (\$) | Incremento (%) con respecto al año anterior | Cuota por m ³ adicional al límite inferior (\$/m ³) | Cuota mínima (\$) | Incremento (%) con respecto al año anterior | Cuota por m ³ adicional al límite inferior (\$/m ³) |
| 0.00 | 10.00 | 15.64 | 3.99 | 0.00 | 16.61 | 6.20 | 0.00 |
| 10.10 | 20.00 | 15.64 | 3.99 | 1.79 | 16.61 | 6.20 | 1.90 |
| 20.10 | 30.00 | 33.54 | 2.29 | 3.38 | 35.63 | 6.23 | 3.59 |
| 30.10 | 50.00 | 67.34 | 1.48 | 6.65 | 71.54 | 6.24 | 7.06 |
| 50.10 | 70.00 | 200.34 | 38.22 | 9.65 | 212.82 | 6.23 | 10.25 |
| 70.10 | 90.00 | 393.34 | 60.08 | 17.97 | 417.85 | 6.23 | 15.90 |
| 90.10 | 120.00 | 692.74 | 71.93 | 18.37 | 735.90 | 6.23 | 19.51 |
| 120.10 | 180.00 | 1243.84 | 59.52 | 24.31 | 1321.33 | 6.23 | 25.82 |
| 180.10 | 240.00 | 2702.44 | 50.71 | 29.34 | 2870.80 | 6.23 | 31.17 |
| 240.10 | 420.00 | 4462.84 | 37.22 | 37.47 | 4740.87 | 6.23 | 39.80 |
| 420.10 | 660.00 | 11207.44 | 35.26 | 39.40 | 11 905.66 | 6.23 | 41.85 |
| 660.10 | 960.00 | 20 663.44 | 28.25 | 41.10 | 21 950.77 | 6.23 | 43.66 |
| 960.10 | 1500.00 | 32 993.44 | 23.63 | 42.62 | 35 048.93 | 6.23 | 45.28 |
| 1500.10 | En adelante | 56 008.24 | 15.31 | 43.99 | 59.496.55 | 6.23 | 46.73 |

Tabla 28 Tarifas 2008 por suministro de agua potable en el Distrito Federal. Estadísticas del agua de la Región XIII, Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 139

PROYECCIONES SOBRE EL CONSUMO DE AGUA EN LA ZMVM

De acuerdo con datos publicados en el “Diario Oficial de la Federación” con fecha del 29 de Agosto de 2009, que son los datos en los cuales se están basando las proyecciones oficiales, la Zona Metropolitana del Valle de México (las 16 Delegaciones Políticas del D.F. y los 18 Municipios del Estado de México mas cercanos al D.F.) con una población estimada en mas de 19 millones de habitantes, recibe una dotación promedio de unos 287 litros por persona al día y se proyecta lograr una reducción de la dotación promedio de agua a través de mejores hábitos de consumo y de la reducción de fugas y tomas clandestinas.

| Proyecciones sobre el Consumo de Agua en la ZMVM | |
|---|----------------------------|
| Año | Dotación en L/d/hab |
| 2009 | 287 |
| 2015 | 280 |
| 2020 | 270 |
| 2025 | 260 |
| 2030 | 250 |

Tabla 29 Elaborada con datos proporcionados por CONAGUA el 28 de Julio de 2011, con información del año 2010

4.4 EL AGUA DE LLUVIA EN LA ZMVM Y SU APROVECHAMIENTO POTENCIAL

En algunas zonas del país las lluvias son escasas e irregulares, por lo que la captación de agua de lluvia puede revestir gran importancia, ya que las técnicas de captación pluvial pueden ser una alternativa para mejorar la calidad de vida de la población, pues se trata de métodos por los cuales se puede obtener agua de calidad relativamente buena para el consumo humano. La captación de agua de lluvia, es una técnica aplicable también en las ciudades que permite el aprovechamiento de este recurso para ayudar a aliviar la presión que los grandes núcleos poblacionales pueden ejercer sobre las fuentes de agua.

De acuerdo con los datos de CONAGUA los volúmenes de agua residual y pluvial recolectados en la ZMVM que salen hacia el drenaje suman unos 1797.09 hm³/año y de acuerdo con los datos de la misma dependencia en la zona se producen y distribuyen para consumo de la población unos 59.74 m³/seg, que equivalen a 1883.96 hm³/año. Si se considera que del agua distribuida para consumo humano en las comunidades, en promedio un 75% se convierte en agua residual (de acuerdo a lo explicado en la página 1), tenemos que de los 1883.96 hm³/año de agua distribuidos a la población de la ZMVM, se generan entre 1412.97 hm³/año de aguas residuales, si restamos esto al volumen de aguas desalojado a través del sistema de drenaje local (que es mixto), obtendremos un estimado sobre el volumen anual de agua pluvial que es desalojada fuera de la zona a través del sistema de drenaje, que resulta ser de unos 384.12 hm³ de agua pluvial que se pierde por el drenaje de la ZMVM. Si se considera que en promedio en México el consumo de agua es de 250 l/hab/día, lo cual equivale a 91.25m³/hab/año, resulta que al dividir los volúmenes de agua pluvial perdida al drenaje mixto entre el consumo de agua anual por habitante, el agua pluvial pudiera ayudar a cubrir las necesidades anuales de unos 4 millones de habitantes. Si se considerase captar el agua pluvial para usarla solo en instalaciones sanitarias y para las actividades de aseo de los espacios edificados, lo cual equivale al 44% del consumo per cápita (de acuerdo con los datos de la tabla 4 de la página 15), lo que significa que una persona consume solo para dichos propósitos 40.15 m³ de agua al año, entonces al dividir el volumen de agua pluvial que se pierde al drenaje entre el consumo per cápita anual para usos sanitarios y aseo, se obtiene que es posible cubrir las necesidades de unos 9 millones de habitantes.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 4

- En México la precipitación pluvial está heterogéneamente distribuida; en algunos lugares llueve muy poco y en otros llueve mucho.
- De acuerdo a datos de CONAGUA en muchas localidades se vive una situación de “estrés hídrico” y la ZMVM se encuentra en esta situación.
- La ZMVM es la zona mas densamente poblada del país y según datos del Organismo de Cuenca de las Aguas del Valle de México tiene una población estimada de más de 19 millones de habitantes que constantemente demandan servicios de agua y drenaje.
- En la ZMVM se desalojan unos 1797.09 millones de metros cúbicos de aguas al año, de los cuales 384.12 millones de metros cúbicos corresponden a lluvia.

Capítulo 5

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN EL D.F. Y LA ZMVM

Para determinar el rendimiento potencial de los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) domésticos en la ZMVM y para determinar la viabilidad de la implementación de dichos sistemas, se realizaron como parte de la investigación los siguientes análisis:

- Análisis de las condiciones climatológicas actuales de la zona de estudio, para determinar como han cambiado los patrones de lluvia y como es la lluvia en la ZMVM actualmente.
- Determinación de la proporción de superficie de techados habitacionales en el área urbanizada de la ZMVM.
- Determinación de la Capacidad Potencial de Producción Pluvial en el D.F. y la ZMVM.
- Estimación de los ahorros generados con la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia domésticos.

5.1 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS ACTUALES EN LA ZMVM

Como parte de las actividades de investigación de este proyecto para determinar la factibilidad de implementar sistemas de captación pluvial, se elaboró en el Otoño de 2011, el estudio denominado; “DETERMINACIÓN DE LA POSIBLE RELACIÓN ENTRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS VARIACIONES DE PRECIPITACIÓN EXTREMA EN EL VALLE DE MÉXICO”, que constituye un acercamiento inicial para conocer las condiciones actuales del clima prevalente en la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

Ya que el propósito principal de esta investigación es aprovechar el recurso pluvial, es necesario conocer las características actuales de la precipitación en la ZMVM, pues se sospecha desde hace años que existen cambios en los regímenes de precipitación de la zona, atribuibles al fenómeno denominado “Cambio Climático”. Conocer y cuantificar esta información, proporcionará los elementos para determinar cual puede ser el desempeño de los sistemas de captación pluvial a nivel doméstico y cuáles pueden ser las nuevas consideraciones de diseño para los sistemas de captación pluvial.

El estudio sobre las condiciones pluviométricas actuales en la ZMVM descrito en este documento, se elaboró con información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional, que constaba de los datos climatológicos reportados por 69 Estaciones Climatológicas del Distrito Federal y una de Tlalnepantla. De la información de estas 70 Estaciones, se realizó una revisión de los datos pluviométricos y de temperatura, para determinar cuáles de ellos cubren un periodo de tiempo suficientemente largo, de manera que se pudiera obtener información representativa para analizar si existen posibles cambios en los regímenes de precipitación vinculados a los fenómenos denominados de “Cambio Climático”.

Puesto que muchas de las estaciones mostraban datos incompletos, pero sobre todo datos que no incluían la información sobre las condiciones climatológicas de la década de los noventas en adelante, se descartaron del análisis, pues aunque el promedio de temperaturas globales ha aumentado rápidamente desde la mitad del siglo XX, las situación parece haberse acelerado más a partir de los noventas. Por tal razón se decidió analizar solo la información de las estaciones climatológicas que reportan datos que abarcan por lo menos desde la década de los ochentas a la época presente. Esto dejó un total de 18 estaciones en el Distrito Federal más la estación de Tlalnepantla, con datos que abarcan diferentes periodos de tiempo desde 1925 para algunas de las estaciones, hasta el 2010 para la mayoría de ellas.

Las estaciones cuyos datos fueron analizados son:

| No. Estación | Ubicación | Periodo |
|--------------|--|-------------|
| 0009004 | Tlalpan | 1970 a 2006 |
| 0009010 | Colonia América, Del. Miguel Hidalgo | 1969 a 2010 |
| 0009014 | Santa Úrsula, Coapa | 1971 a 2010 |
| 0009015 | CFE Delegación Cuauhtémoc | 1953 a 1996 |
| 0009020 | El Pedregal | 1952 a 2010 |
| 0009022 | El Guarda, Pueblos de Tlalpan | 1961 a 2006 |
| 0009024 | Peña Pobre, Tlalpan | 1961 a 1992 |
| 0009025 | Hacienda Patera en Gustavo A. Madero | 1961 a 1996 |
| 0009026 | Morelos 77 en Iztapalapa | 1955 a 1996 |
| 0009029 | Gran Canal | 1952 a 2010 |
| 0009032 | Milpa Alta | 1929 a 2010 |
| 0009036 | Playa Caleta 454 | 1968 a 2010 |
| 0009041 | San Francisco Tlalnepantla | 1961 a 2010 |
| 0009043 | San Juan Aragón | 1953 a 2010 |
| 0009045 | Santa Ana Tlacotenco | 1969 a 2010 |
| 0009051 | Tláhuac | 1961 a 2010 |
| 0009068 | Puente “La Llave” en Venustiano Carranza | 1976 a 2010 |
| 0009070 | Campo Expropiación en Coyoacán | 1976 a 2007 |
| 0009071 | Colonia Educación en Coyoacán | 1982 a 2010 |

Tabla 30 Relación de las Estaciones Climatológicas analizadas para la elaboración del estudio sobre variaciones de la lluvia y la temperatura. Moritz 2011

La evaluación de las variables climatológicas se analizó de forma anualizada y también de forma mensualizada, con el objeto de conocer las posibles variaciones generales a través de los años y para conocer los cambios en el comportamiento mensual (estacional) de las lluvias y la temperatura.

- **Resultados del análisis anualizado de datos climatológicos**

En esta etapa del estudio se analizó el comportamiento anual de las siguientes seis variables:

1. Días con tormenta
2. Lluvia máxima en 24 horas (medida en milímetros de lluvia)
3. Precipitación total anual (medida en milímetros de lluvia)
4. Temperatura media anual (medida en grados Celsius)
5. Temperatura máxima extrema (medida en grados Celsius)
6. Temperatura mínima extrema (medida en grados Celsius)

| Estación | Δ Días con tormenta | Δh_{24} (mm) | Δh_A (mm) | ΔT_x (°C) | ΔT_M (°C) | ΔT_m (°C) |
|-----------------|----------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 9004 | -1.6 | 50 | 215 | | | |
| 9010 | -3.5 | 11 | 130 | -2.5 | 1.2 | -5 |
| 9014 | 0.08 | -13 | 35 | 1.6 | 1.3 | 2.6 |
| 9015 | -5 | 45 | -25 | -1 | 3.3 | -5 |
| 9020 | -1.4 | -7 | 28 | 1 | 2.6 | 0.5 |
| 9022 | 10 | -23 | 700 | 0 | -4.3 | 5 |
| 9024 | 98 | -39 | -100 | 0 | 0 | 0.6 |
| 9025 | -21 | -120 | -351 | 3.8 | -2.7 | -4.4 |
| 9026 | -5.5 | -3 | -56 | 1.7 | 1.7 | 2.2 |
| 9029 | -17 | 24 | 80 | 0.8 | -0.4 | 2.5 |
| 9032 | -37 | 9 | -122 | 1.3 | 5.8 | 0.7 |
| 9036 | -2.8 | 19 | 146 | 0.7 | 3 | 0 |
| 9041 | -21 | 36 | 40 | 1.3 | 4 | 0.3 |
| 9043 | -16 | 8 | 110 | 2.6 | 2.5 | 3.7 |
| 9045 | -4.2 | 40 | -105 | 1.7 | 1.7 | 1.5 |
| 9051 | -63 | -60 | -280 | 3.6 | 2 | 5.8 |
| 9068 | -15 | -110 | -381 | -4.7 | -1.5 | -4.5 |
| 9070 | 13.5 | 103 | 275 | 1.5 | 2.3 | 1 |
| 9071 | -1.7 | -10 | 30 | 2 | 1.2 | 3.2 |
| Promedio | -5.0 | -2.1 | 19.4 | 0.9 | 1.3 | 0.6 |

Dónde: Δ es el incremento, h_{24} es la lluvia máxima en 24 horas, h_A es la precipitación total anual, T_x es la temperatura media anual, T_M es la temperatura máxima extrema, T_m es la temperatura mínima extrema.

Tabla 31 Análisis anualizado de las variaciones en la Lluvia y la Temperatura de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana. Moritz 2011

La información de las variables mencionadas, se vació en hojas de cálculo de Excel^{T.M.} y se graficó para determinar a través de las líneas de tendencia, cual fue la magnitud del cambio para cada una de las variables. Para la interpretación gráfica de los datos analizados, los tipos de líneas de tendencia seleccionadas fueron las siguientes; la tendencia logarítmica para los gráficos de “Días con tormenta” por ser una tendencia más bien estable, mientras que para la interpretación de las demás variables, se seleccionó el uso de una línea de tendencia polinómica de segundo grado, pues las tendencias lineales no se ajustaban a la gran variación de los datos.

Después del análisis de los datos obtenidos se calculó un promedio que indica la magnitud de los cambios el cual se presenta en la tabla de la página anterior.

- **Resultados del análisis mensual de datos climatológicos**

En esta fase, se realizó el análisis del comportamiento por mes de las siguientes variables:

1. Lluvia máxima en 24 horas
2. Precipitación total mensual
3. Temperatura máxima mensual

El propósito de este análisis fue el de determinar cómo es la variación de las lluvias y la temperatura a lo largo de los meses del año.

La información fue analizada de manera gráfica después de haberse tabulado en Excel^{T.M.}. Los resultados del análisis se presentan como el promedio de la tasa de cambio de cada una de las estaciones (obtenida de las líneas de tendencia), esta información después de ser ordenada se graficó en gráficas de barras que muestran como es el comportamiento de las variables de forma mensual. Los resultados se presentan en los gráficos de las siguientes tres páginas.

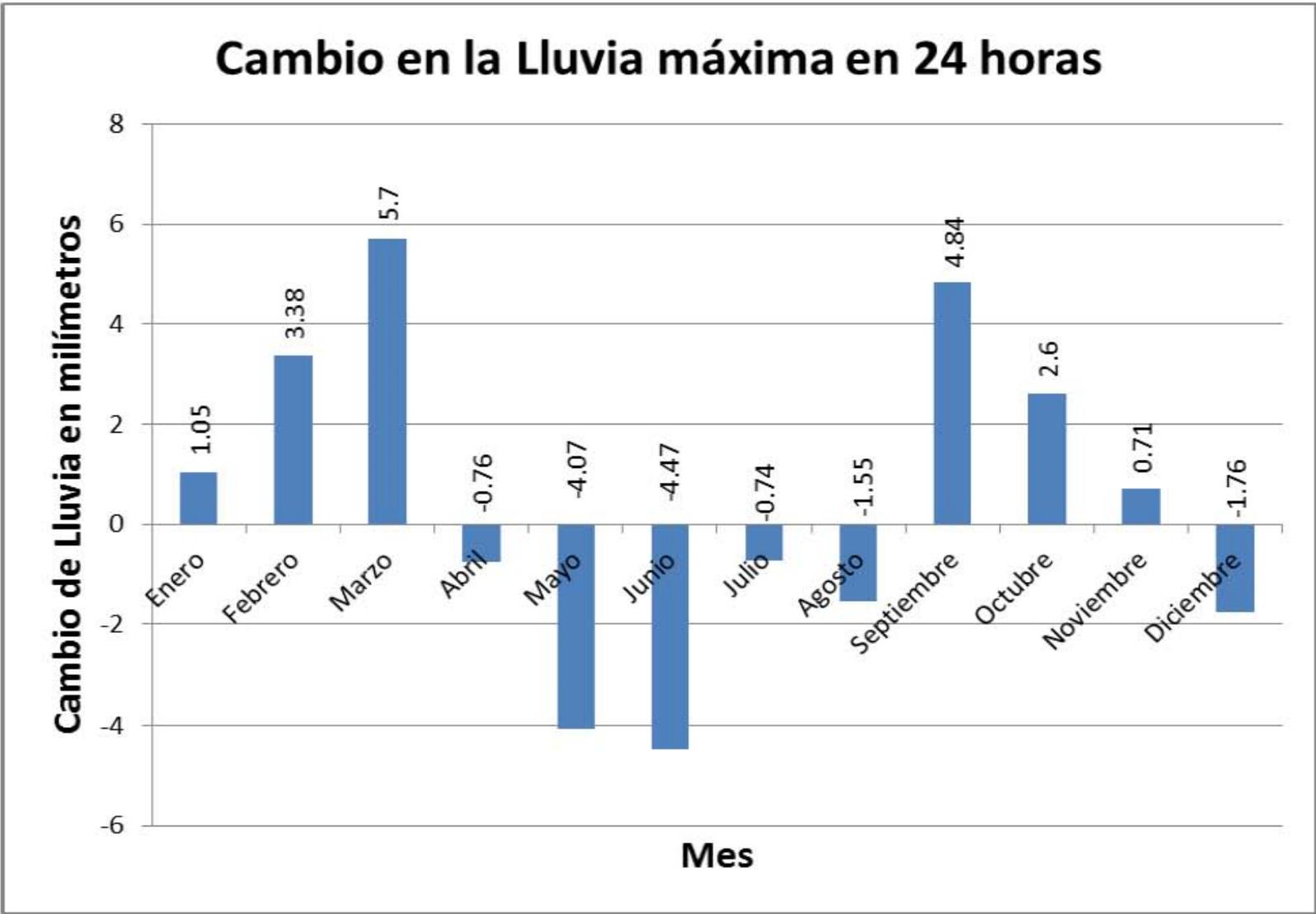


Fig. 56 Gráfica de Cambio Mensualizado de la Lluvia máxima en 24 horas. Moritz 2011

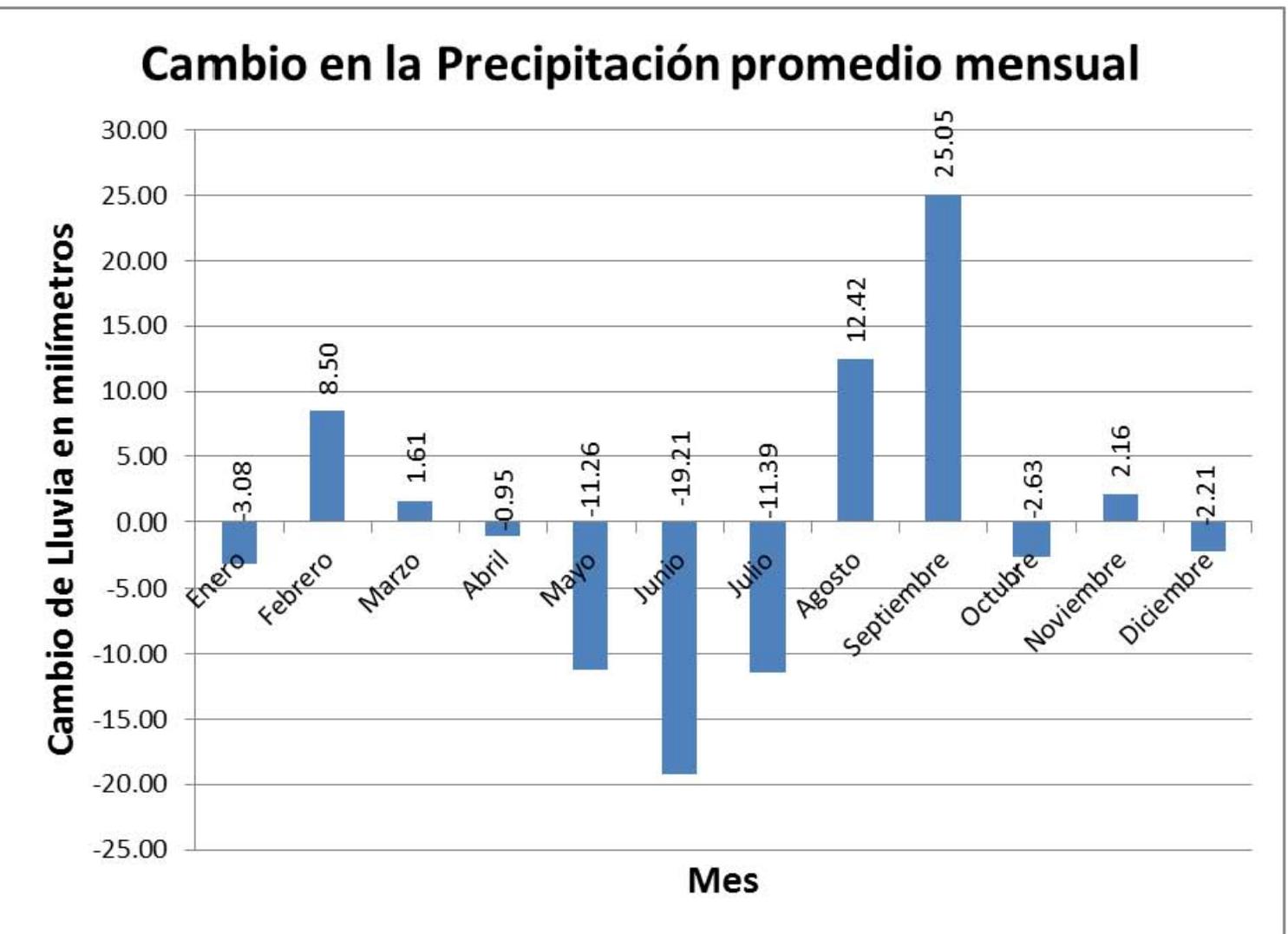


Fig. 57 Gráfica de Cambio Mensualizado de la Precipitación promedio. Moritz 2011

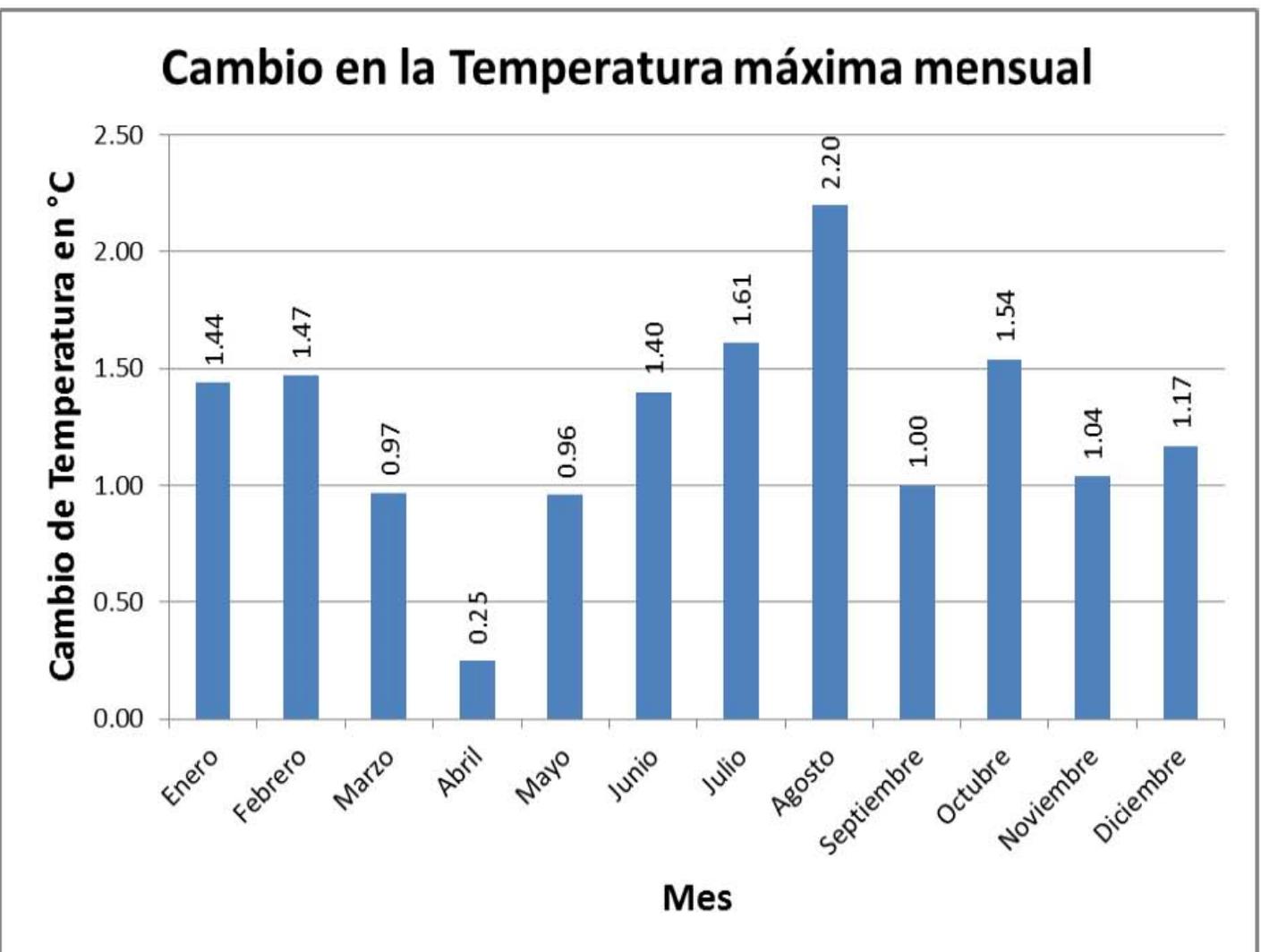


Fig. 58 Gráfica de Cambio de la Temperatura máxima. Moritz 2011

Del análisis de la información climatológica descrita se puede decir lo siguiente:

1. Se ha producido un incremento en la temperatura de la Ciudad de México D.F. y su Área Metropolitana. La temperatura ha aumentado en casi un grado centígrado en los últimos cuarenta a cincuenta años, aumentando la temperatura promedio anual en 0.9°C.
2. Como se puede apreciar en la gráfica de temperaturas máximas extremas por mes, existe para todos los meses un incremento en la temperatura, registrándose los incrementos más fuertes durante la primavera y el verano, pero también de forma notable incrementos marcados en Enero y Febrero, que anteriormente eran considerados meses fríos.
3. La precipitación promedio anual en la zona, ha aumentado en unos 19.4 milímetros.
4. La precipitación promedio ha disminuido bastante para los meses de Mayo, Junio y Julio, con decrementos promedio de; 11.26, 19.21 y 11.39 milímetros de lluvia respectivamente, lo cual explica porque durante las Primaveras de los últimos años se ha percibido un clima muy seco durante estos meses.
5. La gráfica sobre el cambio mensual en la Lluvia máxima en 24 horas, por su parte nos indica que actualmente la intensidad de las lluvias de primavera y verano ha disminuido, pero parece ahora haberse desplazado el periodo de más precipitación hacia finales de Agosto y especialmente hacia Septiembre y principios de Octubre.
6. Durante el análisis de toda la información, también se pudo apreciar que la precipitación pluvial ha aumentado en la parte Sur-poniente de la Ciudad de México, mientras que al Nor-oriente de la ciudad, la precipitación ha disminuido.
7. Por lo expuesto, se puede inferir que al existir un aumento en los regímenes de precipitación es posible obtener un mejor rendimiento en los volúmenes de agua colectados con sistemas de captación pluvial, por lo que la introducción de estos sistemas de aprovechamiento hídrico en las viviendas puede constituirse como una alternativa real para disminuir el estrés sobre los sistema de suministro de agua potable operados por las autoridades locales.

8. De acuerdo con los datos del Servicio Meteorológico Nacional sobre el acumulado de la precipitación en el D.F. desde 1941 hasta 2010, la precipitación anual promedia 721 mm de lluvia (Tabla 39, siguiente pág.), si se considera que puede haber incrementos de hasta 19.4 mm de lluvia al año, ello representaría incrementos de cerca del 3%. Si el D.F. tiene una superficie de 1485.51 km² de acuerdo con los datos de la tabla 21, entonces en la Ciudad de México con una precipitación promedio de 721 mm se tiene un volumen de lluvia acumulado de 1071.05 hm³ (a nivel del terreno), si se considera un incremento de un 3%, el volumen de agua de lluvia adicional pudiera alcanzar cantidades del orden de los 28.82 hm³ adicionales durante años lluviosos.
9. La implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) puede ser una alternativa para contribuir con la reducción de la cantidad de agua que entra al Sistema de Drenaje (mixto) de la Ciudad de México, lo cual aliviaría el estrés al que está sometida esta infraestructura durante la época de lluvias.
10. Los resultados expuesto en este análisis, aun no son concluyentes, estos resultados muestran el comportamiento actual de la temperatura y la lluvia en la zona estudiada y solo constituyen una aproximación inicial a un tema que deberá en un futuro analizarse con mayor profundidad para definir las tendencias mas probables en el comportamiento de los parámetros climatológicos de la zona de estudio.



PRECIPITACIÓN MENSUAL 2011

| ESTADO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | CLIMATOLOGÍA | ANOMALÍA | | LÁMINA | CLIMATOLOGÍA | ANOMALÍA ACUM | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | | | MENSUAL DIC | mensual | diciembre | ACUM. | 1941-2010 | mm | % |
| | | | | | | | | | | | | | 1941-2010 | mm | % | 2011 | ACUM. | mm | % |
| AGUASCALIENTES | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.5 | 48.1 | 32.4 | 58.6 | 90.6 | 25.6 | 1.1 | 0.0 | 9.5 | -9.5 | -100.0 | 257.8 | 459.5 | -201.7 | -43.9 |
| BAJA CALIFORNIA | 5.0 | 75.2 | 29.9 | 10.5 | 7.1 | 0.0 | 9.7 | 2.7 | 3.5 | 4.2 | 39.2 | 19.8 | 31.3 | -11.6 | -36.9 | 206.9 | 202.0 | 4.9 | 2.4 |
| BAJA CALIFORNIA SUR | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.0 | 6.8 | 16.5 | 21.2 | 1.6 | 18.8 | 2.5 | 13.1 | -10.6 | -80.9 | 69.4 | 178.2 | -108.8 | -61.0 |
| CAMPECHE | 65.8 | 10.0 | 16.4 | 17.1 | 35.1 | 201.9 | 187.9 | 194.8 | 191.2 | 177.2 | 56.2 | 27.3 | 37.5 | -10.2 | -27.2 | 1180.8 | 1175.4 | 5.4 | 0.5 |
| COAHUILA | 7.6 | 0.5 | 2.5 | 4.7 | 9.3 | 19.0 | 32.7 | 25.2 | 19.5 | 25.6 | 12.7 | 16.7 | 11.5 | 5.2 | 44.8 | 176.0 | 327.1 | -151.2 | -46.2 |
| COLIMA | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 3.7 | 174.8 | 392.8 | 215.0 | 197.7 | 383.2 | 0.0 | 0.0 | 12.5 | -12.5 | -100.0 | 1367.3 | 886.4 | 480.9 | 54.2 |
| CHIAPAS | 46.0 | 37.1 | 84.3 | 74.2 | 149.5 | 300.6 | 458.5 | 433.7 | 422.3 | 273.7 | 58.8 | 42.9 | 99.5 | -56.6 | -56.9 | 2381.7 | 1975.1 | 406.6 | 20.6 |
| CHIHUAHUA | 2.9 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 11.6 | 101.0 | 76.4 | 23.9 | 9.2 | 22.0 | 12.1 | 17.9 | -5.7 | -32.1 | 260.5 | 426.8 | -166.3 | -39.0 |
| DISTRITO FEDERAL | 0.1 | 0.7 | 8.1 | 39.8 | 28.0 | 129.8 | 230.5 | 158.9 | 101.9 | 62.0 | 21.9 | 0.9 | 6.6 | -5.7 | -86.3 | 782.6 | 721.0 | 61.5 | 8.5 |
| DURANGO | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 3.1 | 106.8 | 66.5 | 57.5 | 4.9 | 4.6 | 0.4 | 23.0 | -22.6 | -98.2 | 245.7 | 500.1 | -254.5 | -50.9 |
| GUANAJUATO | 1.9 | 0.0 | 0.1 | 7.4 | 4.6 | 72.0 | 89.3 | 78.9 | 87.3 | 36.7 | 0.3 | 0.2 | 9.4 | -9.2 | -97.8 | 378.6 | 607.9 | -229.3 | -37.7 |
| GUERRERO | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 9.6 | 33.9 | 278.7 | 312.2 | 298.5 | 158.0 | 100.0 | 2.5 | 0.3 | 6.1 | -5.8 | -95.6 | 1194.4 | 1108.1 | 86.3 | 7.8 |
| HIDALGO | 13.5 | 4.5 | 6.4 | 36.6 | 11.1 | 245.7 | 199.8 | 58.7 | 72.9 | 19.6 | 32.2 | 4.1 | 19.9 | -15.9 | -79.6 | 705.1 | 800.7 | -95.5 | -11.9 |
| JALISCO | 0.6 | 0.0 | 0.2 | 2.7 | 5.0 | 97.8 | 203.8 | 137.4 | 76.4 | 78.2 | 0.2 | 0.0 | 12.1 | -12.1 | -100.0 | 602.2 | 821.7 | -219.4 | -26.7 |
| MEXICO | 0.7 | 0.3 | 2.2 | 20.8 | 24.7 | 131.9 | 221.0 | 116.9 | 63.5 | 59.1 | 16.2 | 0.3 | 8.1 | -7.8 | -95.7 | 657.7 | 874.2 | -216.5 | -24.8 |
| MICHOACAN | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 5.9 | 13.6 | 125.4 | 270.6 | 145.1 | 76.9 | 43.9 | 6.2 | 0.5 | 8.9 | -8.3 | -93.9 | 689.8 | 807.9 | -118.1 | -14.6 |
| MORELOS | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 8.1 | 50.0 | 190.2 | 222.5 | 265.2 | 136.1 | 80.1 | 13.1 | 0.5 | 4.9 | -4.4 | -90.7 | 967.7 | 883.9 | 83.8 | 9.5 |
| NAYARIT | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 91.2 | 390.7 | 436.4 | 181.3 | 28.4 | 0.5 | 0.0 | 16.1 | -16.1 | -99.8 | 1129.2 | 1067.7 | 61.5 | 5.8 |
| NUEVO LEON | 23.8 | 0.0 | 12.1 | 4.3 | 13.2 | 85.1 | 79.1 | 29.9 | 36.8 | 55.9 | 6.5 | 24.1 | 16.6 | 7.5 | 45.4 | 371.0 | 602.5 | -231.5 | -38.4 |
| OAXACA | 35.6 | 6.3 | 3.8 | 16.6 | 30.9 | 248.3 | 453.1 | 292.5 | 186.5 | 64.6 | 29.8 | 20.6 | 36.2 | -15.6 | -43.1 | 1388.6 | 1514.7 | -126.1 | -8.3 |
| PUEBLA | 15.8 | 7.4 | 26.6 | 39.1 | 71.3 | 225.8 | 290.5 | 261.1 | 167.9 | 85.9 | 59.8 | 28.8 | 35.3 | -6.5 | -18.4 | 1279.9 | 1270.1 | 9.9 | 0.8 |
| QUERETARO | 0.1 | 0.1 | 8.4 | 3.7 | 7.5 | 131.8 | 62.3 | 74.5 | 56.7 | 24.4 | 2.8 | 0.0 | 7.0 | -7.0 | -100.0 | 372.3 | 558.6 | -186.2 | -33.3 |
| QUINTANA ROO | 40.1 | 91.2 | 100.9 | 3.2 | 14.9 | 277.4 | 180.1 | 112.9 | 125.5 | 382.5 | 93.8 | 53.8 | 80.4 | -26.6 | -33.1 | 1476.1 | 1261.3 | 214.8 | 17.0 |
| SAN LUIS POTOSI | 16.0 | 2.8 | 14.3 | 5.0 | 34.6 | 276.7 | 372.0 | 64.7 | 61.7 | 39.8 | 24.4 | 10.3 | 23.4 | -13.2 | -56.2 | 922.4 | 942.4 | -20.0 | -2.1 |
| SINALOA | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 3.8 | 250.9 | 222.6 | 64.5 | 6.8 | 40.8 | 5.7 | 30.6 | -24.9 | -81.5 | 595.4 | 769.7 | -174.4 | -22.7 |
| SONORA | 0.7 | 1.7 | 0.1 | 1.6 | 0.1 | 7.0 | 117.0 | 103.6 | 38.5 | 3.5 | 61.7 | 24.6 | 25.7 | -1.0 | -4.0 | 360.2 | 420.7 | -60.6 | -14.4 |
| TABASCO | 159.1 | 120.9 | 106.9 | 25.9 | 93.9 | 155.0 | 478.5 | 242.5 | 445.5 | 401.5 | 162.4 | 104.4 | 189.9 | -85.6 | -45.1 | 2496.4 | 2412.7 | 83.7 | 3.5 |
| TAMAULIPAS | 33.7 | 0.3 | 7.7 | 0.3 | 20.1 | 234.6 | 119.2 | 49.4 | 65.9 | 33.1 | 17.8 | 21.2 | 19.9 | 1.2 | 6.1 | 603.2 | 766.1 | -162.9 | -21.3 |
| TLAXCALA | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 32.0 | 61.2 | 134.1 | 172.6 | 152.0 | 86.2 | 60.9 | 15.0 | 2.3 | 7.5 | -5.3 | -70.1 | 723.4 | 708.0 | 15.4 | 2.2 |
| VERACRUZ | 76.4 | 18.5 | 21.8 | 14.6 | 35.0 | 206.7 | 374.2 | 247.0 | 264.4 | 149.0 | 102.4 | 43.5 | 58.1 | -14.6 | -25.1 | 1553.6 | 1494.6 | 59.0 | 3.9 |
| YUCATAN | 48.0 | 34.4 | 24.6 | 4.8 | 10.1 | 223.7 | 163.8 | 119.7 | 189.8 | 100.7 | 36.4 | 16.8 | 44.1 | -27.3 | -61.8 | 973.0 | 1088.3 | -115.4 | -10.6 |
| ZACATECAS | 0.1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 10.8 | 28.6 | 73.4 | 79.4 | 95.4 | 25.0 | 1.0 | 0.2 | 15.5 | -15.3 | -98.7 | 314.4 | 516.6 | -202.2 | -39.1 |
| NACIONAL | 16.5 | 10.1 | 11.8 | 8.5 | 18.8 | 105.1 | 180.4 | 133.8 | 99.7 | 65.3 | 30.7 | 16.5 | 27.5 | -11.0 | -40.0 | 697.1 | 778.8 | -81.7 | -10.5 |

CON BASE A LA INFORMACIÓN DE LA RED CLIMATOLÓGICA DE TIEMPO REAL

5.2 DETERMINACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE SUPERFICIE DE TECHADOS HABITACIONALES EN EL ÁREA URBANIZADA DE LA ZMVM

Como parte de las investigaciones para determinar el posible rendimiento en la captación pluvial que se pudiera obtener a través de la implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) a nivel residencial, se realizó un análisis de fotografías aéreas para determinar cual es la proporción de superficie cubierta por techos de edificios habitacionales en el área urbanizada de la ZMVM, a dicho parámetro se le denominó como “Índice de Superficie Aprovechable (ISA)”. Los resultados se presentan en la siguiente tabla de Excel.

Las áreas revisadas, corresponden a zonas representativas de distintos tipos de entorno urbanizado cercanas a las Estaciones Climatológicas analizadas para la determinación de los cambios en los regímenes de precipitación.

| Ubicación | Índice de Superficie Aprovechable (ISA) | | |
|--------------------------------|---|--|------------|
| | Superficie analizada metros cuadrados | Superficie de techados habitacionales metros cuadrados | (ISA) |
| Loreto y Peña Pobre | 171 146 | 10 988 | 6% |
| Santa Ursula | 189 714 | 92 329 | 49% |
| Morelos 77 Iztapalapa | 47 838 | 14 782 | 31% |
| San Juan de Aragón | 181 094 | 50 310 | 28% |
| El Pedregal de San Ángel | 180 327 | 24 980 | 14% |
| Río Ródano Del. Cuauhtémoc | 713 633 | 44 963 | 6% |
| Vallejo | 45 171 | 3839 | 9% |
| Coyoacán | 176490 | 27355 | 16% |
| Tlalpan centro | 172521 | 23659 | 14% |
| Balbuena | 178408 | 59876 | 34% |
| Col. América, Del. Miguel Hgo. | 44 602 | 20690 | 46% |
| Gran Canal | 30 400 | 4332 | 14% |
| Tlalnepantla centro | 62 667 | 11 708 | 19% |
| Santa Ana Tlacotenco | 181 861 | 37 429 | 21% |
| Tláhuac | 179 927 | 51 478 | 29% |
| Copilco | 179 927 | 60 531 | 34% |
| Playa Caleta, Del. Iztacalco | 180 306 | 80 800 | 45% |
| Milpa Alta Centro | 179 167 | 68 833 | 38% |
| Estación el Guarda en Parres | 180 686 | 15 551 | 9% |
| Promedio = | | | 24% |

Tabla 33 Índice de Techado Habitacional en la ZMVM, Moritz 2011

Los datos anteriores se obtuvieron de la revisión de imágenes satelitales procedentes de la aplicación de Internet “Google Maps”¹⁶ que a su vez obtiene dicha información del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI). El análisis se llevo a cabo, midiendo con una plantilla milimétrica la superficie de los techos de edificios habitacionales (en mm²), esto de manera manual pues no existe software que pueda discernir entre los diferentes tipos de cubiertas de las edificaciones, para después a través de la escala determinar la proporción de área (km²) cubierta por techos de edificios habitacionales. Finalmente se calculó un promedio general de las cubiertas de los edificios habitacionales. Se puede considerar que para la ZMVM el Índice de Superficie Aprovechable “ISA” es de 24% de acuerdo con lo medido. Sin embargo en México es muy común que las azoteas sean ocupadas por otros elementos semipermanentes (covachas, tendaderos, etc.) y sean también el lugar en donde muchos perros son confinados, todo lo cual afecta fuertemente la captación de agua de lluvia tanto en cantidad como en calidad.



Fig. 59 Estructuras semipermanentes sobre las azoteas de las viviendas de la Ciudad de México.



Fig. 60 Covacha sobre una azotea.

En función de la situación descrita se decidió hacer la estimación de que el “ISA” se reduce en un 20 a 40 por ciento, sin analizarse a fondo la situación pues sale del objetivo de la investigación. Así considerando una reducción del 20 %, el “ISA” se reduce a un valor de 0.19

¹⁶ <http://maps.google.com.mx>

5.3 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD POTENCIAL DE PRODUCCIÓN PLUVIAL EN EL D.F. Y LA ZMVM

En la tabla siguiente, extraída del documento PROGRAMA DE ORDENACIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO elaborado por la “Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos”, se presenta la información usada para determinar la superficie urbanizada de la ZMVM.

Viviendas y Áreas Urbanizadas según tipo de poblamiento Proyección 2000 a 2010

| Tipo de poblamiento | Distribución de las viviendas (%) | | Viviendas (miles) | | Distribución del área urbanizada (%) | | Área urbanizada (miles de hectáreas) | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
| | DF | MC | DF | MC | DF | MC | DF | MC |
| AÑO 2000 | | | | | | | | |
| Centro Histórico | 2.1 | | 44.8 | | 1.4 | | 0.9 | |
| Pueblos conurbados | 6.9 | 10.9 | 151.7 | 233.8 | 11.2 | 18.0 | 7.9 | 16.4 |
| Popular D baja | 2.7 | 11.2 | 57.9 | 240.3 | 5.7 | 24.0 | 4.0 | 21.8 |
| Popular D media | 20.4 | 25.7 | 446.5 | 552.2 | 18.9 | 19.1 | 13.3 | 17.4 |
| Popular D alta | 26.5 | 26.6 | 579.3 | 573.1 | 16.9 | 11.7 | 11.9 | 10.6 |
| Popular cd. Central | 9.1 | | 199.3 | | 6.7 | | 4.7 | |
| Conjuntos Habitacionales | 15.2 | 13.8 | 331.3 | 297.5 | 11.0 | 8.3 | 7.7 | 7.5 |
| Residencial medio | 14.6 | 9.4 | 319.7 | 201.8 | 13.7 | 8.4 | 9.6 | 7.6 |
| Residencial alto. | 1.9 | 1.8 | 41.1 | 38.3 | 5.2 | 3.2 | 3.7 | 2.9 |
| Otros. | 0.6 | 0.7 | 13.8 | 14.2 | 9.3 | 7.3 | 6.5 | 6.6 |
| TOTAL. | 100.0 | 100.0 | 2,185.4 | 2,151.4 | 100.0 | 100.0 | 70.4 | 91.0 |
| AÑO 2010 | | | | | | | | |
| Centro Histórico | 2.1 | | 54.3 | | 1.4 | | 0.9 | |
| Pueblos conurbados | 8.0 | 10.3 | 207.4 | 349.3 | 11.2 | 18.6 | 7.9 | 23.1 |
| Popular D baja | 2.9 | 9.8 | 75.6 | 331.3 | 5.7 | 21.8 | 4.0 | 27.0 |
| Popular D media | 20.5 | 25.6 | 531.6 | 866.2 | 18.9 | 21.0 | 13.3 | 26.1 |
| Popular D alta | 26.7 | 27.8 | 692.1 | 940.9 | 16.9 | 13.0 | 11.9 | 16.1 |
| Popular cd. Central | 9.6 | | 249.4 | | 6.7 | | 4.7 | |
| Conjuntos habitacionales. | 13.5 | 14.9 | 349.8 | 504.1 | 11.0 | 7.4 | 7.7 | 9.2 |
| Residencial medio | 14.3 | 9.1 | 370.3 | 306.3 | 13.7 | 7.8 | 9.6 | 9.7 |
| Residencial alto. | 1.7 | 1.9 | 44.5 | 63.2 | 5.2 | 3.5 | 3.6 | 4.3 |
| Otros. | 0.6 | 0.6 | 14.2 | 19.6 | 9.3 | 6.9 | 6.5 | 8.6 |
| TOTAL. | 100.0 | 100.0 | 2,589.4 | 3,381.0 | 100.0 | 100.0 | 70.4 | 124.2 |

Tabla 34 Proporción de superficie urbanizada en el D.F. y la ZMVM

Para determinar un estimado de la cantidad de agua de lluvia que se puede recolectar de los techos de edificaciones habitacionales en la ZMVM, es necesario determinar que proporción de su superficie esta urbanizada, para aplicarle el Índice de Superficie Aprovechable (ISA) y obtener un estimado del área cubierta por techos habitacionales en la ZMVM para después multiplicarla

por la precipitación y así obtener un estimado de la cantidad de agua de lluvia que se pudiera potencialmente recolectarse de los techos de edificios habitacionales en la ZMVM.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior (Tabla 41); se puede considerar que en el Distrito Federal (DF) hay 69.5 miles de hectáreas que corresponden a suelo urbanizado (sin contar los Centros Históricos). Para los Municipios Conurbados (MC) se puede considerar una superficie urbanizada de unos 124.2 miles de hectáreas. Si se considera que una hectárea equivale a 10^{-2} km² entonces tendremos que en el D.F. hay 695 km², es decir el 46.8% de superficie urbanizada y en el caso de los Municipios Conurbados la superficie urbanizada en kilómetros cuadrados es de 1242.

Ahora bien si se suman las superficies urbanizadas del D.F. y los Municipios Conurbados, tenemos una superficie urbanizada total para la ZMVM de 1937 km². Si se considera que la ZMVM tiene una superficie de unos 7854 km², entonces la superficie urbanizada dentro de la ZMVM es del orden de 24.67%.

Para determinar el Potencial de Captación Pluvial Regional (PCP_R) en el D.F. y la ZMVM se realizan las consideraciones y cálculos siguientes:

1. El Potencial de Captación pluvial es función de la precipitación y de la superficie de captación, tomándose como área de captación aquella que corresponde a la vista en planta. Por su parte a la inclinación y al material constructivo de la superficie de captación corresponden ciertos factores de eficiencia; que están relacionados con la pérdida de gotas de lluvia que rebotan fuera de la superficie de captación, con la rugosidad, la porosidad y la evaporación. La siguiente tabla muestra algunos de los coeficientes de escurrimiento que afectan la eficiencia en la captación del agua de lluvia.

| Coefficientes de escurrimiento de agua de lluvia para techos de varios materiales | |
|--|--------------------------------------|
| Material de techo | Coefficiente de escurrimiento |
| Lámina galvanizada lisa | > 0.9 |
| Lámina metálica corrugada | 0.7 a 0.9 |
| Lámina de asbesto | 0.8 a 0.9 |
| Teja | 0.6 a 0.9 |
| Palma | 0.20 |

Tabla 35 Coeficientes de escurrimiento de agua de lluvia para techos de varios materiales. Fuente: Lee y Visscher, 1992, y Caballero, 2007.

De manera general se acepta para los techos de losa de concreto impermeabilizados un coeficiente de eficiencia del 80% (Ayala et al.).

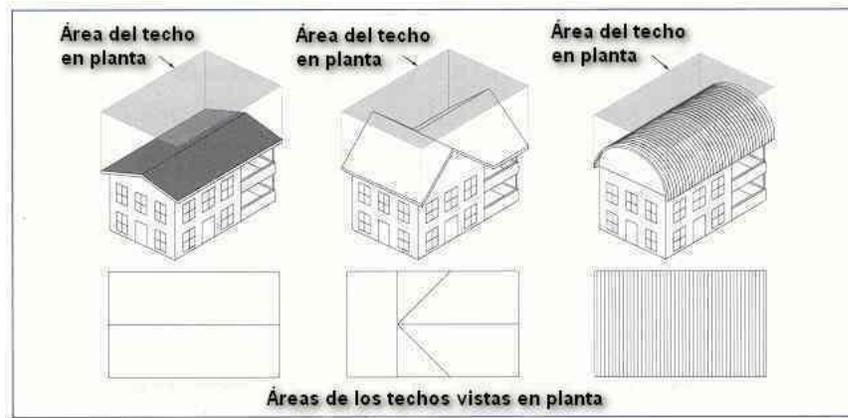


Fig. 61 La superficie de captación se considera como el área del techo (la cubierta) vista en planta.

Así pues para calcular el Potencial de Captación Pluvial en metros cúbicos de una superficie cualquiera en metros cuadrados, se puede recurrir a la siguiente ecuación:

$$PCP = (10^{-3})(S)(h)(\eta) \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

S es el área de captación en m^2

h es la precipitación expresada como milímetros de lluvia

η es el coeficiente de eficiencia

10^{-3} es un factor de conversión de milímetros a metros

2. La ZMVM tiene una extensión superficial de 7854 km^2 y en la ZMVM los regímenes de precipitación son muy variables, siendo en la porción Noreste de algo más de 600 mm de lluvia al año, mientras que en las zonas al Sur y al Oeste del D.F., la precipitación supera los 1000 mm de lluvia al año, para fines prácticos y dado que la ZMVM se extiende sobre todo hacia el Norte, se puede tomar como valor de la precipitación promedio anual de la zona el promedio de la precipitación anual en el D.F. que es de 721 mm y el valor más bajo de la precipitación en los municipios al Norte de la ZMVM que es de unos 600 mm, pudiendo entonces estimarse un promedio de la precipitación mínima para la ZMVM de 660 mm de lluvia al año. Así pues si la ZMVM tienen una extensión de 7854 km^2 y la

precipitación se considera de 660 mm al año, entonces el volumen de lluvia acumulado es de 5183.6 hm³ al año a nivel del terreno, sin suponer pérdida alguna (es decir $\eta=1$).

- Ahora bien, en la ZMVM se tiene una extensión de 1937 km² cubiertos por la mancha urbana y si se considera que el ISA = 19%, entonces unos 368 km² están cubiertos por superficie aprovechable de techados habitacionales, que representa la superficie potencial de captación de agua con SCALL domésticos. Así considerando un valor promedio de precipitación de 660 mm y una superficie de captación de 368 km², el Potencial de Captación Pluvial de los SCALL domésticos a nivel regional en la ZMVM se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación basada en la del Potencial de Captación Pluvial:

$$PCP_{SA} = (10^{-3})(S_{Urb})(h)(\eta)(ISA) \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

S_{Urb} es la superficie urbanizada en Km²

h es la precipitación expresada como milímetros de lluvia

10^{-3} es un factor de conversión para obtener el resultado en hectómetros cúbicos (hm³)

ISA es el índice de techados habitacionales

$\eta=1$

$PCP_{SA} = (10^{-3})(1937)(660)(0.19)(0.8) = 194.32 \text{ hm}^3/\text{año}$ es decir unos 194 millones de metros cúbicos al año.

- Tomando en cuenta que se ha identificado un posible incremento en la precipitación anual acumulada, como se describió en la página 99, puede estimarse entonces que si la precipitación pluvial aumentara en aproximadamente 3%, el PCP_{SA} en la zona de estudio pudiera alcanzar valores cercanos a los 200 millones de m³ anuales.
- De acuerdo con los datos de la CONAGUA el consumo per cápita promedio de agua en México es de 250 L/hab/día, es decir 91.25 m³/hab/año, entonces con los rendimientos descritos en el inciso anterior, se tiene que el potencial de captación de agua de lluvia de los SCALL domésticos en la ZMVM alcanzaría en condiciones ideales y optimas para dotar de agua por un año a unos 2 millones 191 mil 780 habitantes.

6. De acuerdo con los datos del inciso anterior y considerando que solo se use el agua de lluvia para los servicios sanitarios y el aseo en la casa (44% del consumo) el rendimiento de la lluvia captada alcanzaría para dotar a casi 5 millones de habitantes.
7. Ahora bien, si de acuerdo con datos del INEGI en su documento “Perspectiva Estadística del Distrito Federal 2011”, el promedio de hacinamiento (ocupantes por vivienda) en el D.F. y en el Estado de México es de; 3.6 y 4 habitantes por vivienda respectivamente, mientras que el promedio nacional es de 3.9 habitantes por vivienda, puede entonces a través de este dato calcularse un estimado del Potencial de Captación Pluvial por Vivienda a nivel Regional (PCP_{RV}) por año para la ZMVM.
8. De acuerdo con los datos de CONAGUA en la ZMVM viven algo más de 19 millones de habitantes. Si se calcula la relación entre un PCP_{SA} de 194 millones de m^3 al año y el número de habitantes de la ZMVM, se tiene que, al año la disponibilidad potencial de agua de lluvia sería de unos $10 m^3$ al año por habitante.

Con los dos datos de los incisos anteriores se puede estimar el Potencial de Captación Pluvial por Vivienda a nivel Regional como:

$$PCP_{RV} = (10 m^3/a/hab)(4 hab/viv) = 40 m^3/vivienda/año.$$

5.4 ESTIMACIÓN DE LOS AHORROS GENERADOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA DOMÉSTICOS

Una vez que se ha calculado la población que pudiera en teoría beneficiarse de la captación de agua de lluvia, lo cual está relacionada con el ahorro potencial de agua, se puede entonces calcular el ahorro en términos de dinero. Tentativamente la captación de agua de lluvia puede representar un ahorro para los Sistemas Operadores Municipales. Considerando que el costo de suministrar agua alcanza cifras de unos 8.20 pesos por metro cúbico (pág. 85) y considerando que de acuerdo con datos de CONAGUA se producen y distribuyen para consumo de la población de la ZMVM $59.74 m^3/s$ de agua, es decir $1883.96 hm^3/año$, entonces el costo asociado con el abasto de agua en la ZMVM es de alrededor de 15 mil 448 millones 472 mil pesos al año. Si se considera que la ZMVM tiene un Potencial de Captación Pluvial a nivel doméstico de unos 194 millones de $m^3/año$ y el costo de producción de agua es de $\$8.20/m^3$, entonces la captación de agua de lluvia pudiera en teoría representar un ahorro de unos 1590 millones de pesos al año, lo cual corresponde a un ahorro de cerca de 10% para los Organismos Operadores.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 5

- En el D.F. y su Zona Metropolitana, se ha presentado en los últimos 40 años una tendencia de aumento en la precipitación total anual del orden de los 19.4 mm de lluvia que equivalen a un aumento de alrededor de 3%.
- En el D.F. y su Zona Metropolitana, del total de la superficie urbanizada se puede estimar que aproximadamente el 24% está cubierta por techos de edificaciones habitacionales y la superficie aprovechable para captar agua de lluvia es de un 19%, que equivale a unos 368 km² de superficie apta para la captación de agua de lluvia a nivel doméstico.
- El Potencial de Captación Pluvial (PCP_{SA}) a nivel doméstico en la ZMVM, puede estimarse en el orden de los 194 millones de m³ al año.
- En teoría, la cantidad de dinero que pudieran ahorrar los Organismos Operadores si se pudiera aprovechar el agua de lluvia a nivel doméstico en la ZMVM, sería de unos 1590 millones de pesos que equivalen a un 10% del gasto anual destinado a la producción de agua para abasto de la población.
- El PCP a nivel doméstico (PCP_{SA}) de la ZMVM en teoría pudiera suministrar una dotación de agua de unos 10 m³ al año por habitante.
- El Potencial de Captación Pluvial de Techados Habitacionales (PCP_{R/V}) en la ZMVM es de unos 40 m³/vivienda/año.

Capítulo 6

PROPUESTA DE DISEÑO

6.1 CONSIDERACIONES INICIALES PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN LA ZMVM

Los sistemas de captación de agua de lluvia deben considerar un área de captación, un sistema de conducción por medio de canaletas y bajantes de lámina o de PVC que captan y conducen el agua de lluvia a los sistemas de almacenamiento, tales como cisternas o tanques o tinacos, además debe considerar los equipos para limpiar y acondicionar el agua, así como también la posible necesidad de un equipo de bombeo para impulsar el agua hacia donde se le va a utilizar.

Algunas consideraciones básicas para el aprovechamiento del agua de lluvia son las siguientes: los techos o áreas de captación deben ser construidos de materiales lo mas inertes posibles, tales como; concreto, aluminio o fibra de vidrio con el objeto de evitar la contaminación del agua y no debe recogerse agua de cubiertas de paja, cartón, lámina galvanizada o superficies de cobre.

Los requerimientos considerados en esta tesis para el diseño de los sistemas de captación de agua de lluvia para una vivienda unifamiliar en la ZMVM son los siguientes:

1. El promedio nacional de consumo de agua es de 250 l/d/hab ($0.25 \text{ m}^3/\text{d}/\text{hab}$).
2. Solo se considerará la cantidad de agua que será consumida por cada habitante de la casa para servicio sanitario y para los servicios de aseo, lo cual suma 44% del consumo diario, es decir; $0.11 \text{ m}^3/\text{d}/\text{hab}$.
3. Se considerará una familia promedio de 4 integrantes, pues según se refirió en la página 107 en el documento “Perspectiva Estadística del Distrito Federal 2011” del INEGI, se considera que el promedio de ocupantes por vivienda en el D.F. y en el Estado de México es de; 3.6 y 4 habitantes respectivamente, mientras que el promedio nacional es de 3.9 habitantes por vivienda, por lo tanto con el propósito de simplificar los calculo se tomará como criterio de diseño una familia de 4 integrantes.
4. De acuerdo con los datos de los dos incisos anteriores, una familia consumiría $160.6 \text{ m}^3/\text{año}$ de agua para sanitarios y actividades de aseo.
5. De acuerdo con el Potencial de Captación Pluvial por Vivienda a nivel Regional calculado en la página 107, puede estimarse que en la ZMVM el volumen de agua que en

- promedio pudiera captarse de los techos de las viviendas es de unos $40 \text{ m}^3/\text{vivienda/año}$, si se divide esta cantidad entre la precipitación anual de 660 mm expresada en metros, se tiene que la superficie promedio de los techos de las viviendas en la ZMVM sería de 60.61 m^2 , considerando además que la eficiencia de las superficies de captación sea $\eta=0.8$ (pág. 104 y 106), la superficie debe incrementarse a; $60.61 \text{ m}^2/0.8 = 75.76 \text{ m}^2$.
6. Para aumentar la captación, se propone aumentar el área calculada en el inciso anterior en 50%, además de suponer que se aprovechará la totalidad del área de captación, sin interferencia de elementos semipermanentes (como se describió en la pág. 102), esto representaría una superficie de captación de unos 142 m^2 , que para fines prácticos conviene proyectar como una superficie de captación constituida por un techo de losa plana con un área de 14×10 metros, lo cual corresponde a una planta de 140 m^2 .
 7. Debido a la alta densidad habitacional de muchas Colonias de la ZMVM, lo que representa una limitante de espacio para construir, se considerará un depósito de almacenamiento de máximo 5000 litros (5 m^3).
 8. De acuerdo con las recomendaciones de la ARCSA (pág. 51), siempre es mejor instalar un sistema de filtrado y desinfección que permita llevar el agua de lluvia colectada hasta un grado potable, pues esto garantiza que dicha agua no represente un peligro para la salud y convierte al recurso pluvial en una reserva de agua que puede fácilmente beberse en caso de alguna emergencia. Para este propósito se eligió el equipo de filtración y desinfección con luz UV distribuido por “Clásico y Contemporáneo S.A. Div. Aguatec (www.aguatec.com.mx)” bajo la denominación **AT2+UV BB20**, sistema modular con un filtro de 5 micras, otro filtro de carbón pulverizado y una fuente de luz ultra violeta. Aunque este sistema no ofrece el mejor tipo de filtro de carbón, tiene una buena disponibilidad de mercado.

6.2 DISEÑO DE DOS PROPUESTAS DE SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA LA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA ZMVM

A continuación se presentan dos propuestas de diseño para adaptar la captación de agua de lluvia a la vivienda unifamiliar de la Zona Metropolitana del Valle de México.

La primer propuesta, denominada “**Propuesta 1**”, contempla una cubierta construida en albañilería por encima de lo que es propiamente el techo de la vivienda, esta estructura a la que se denominará como “Sobre Techo” tiene el propósito de captar el agua de lluvia para descargarla en un tinaco desde el cual se distribuirá a las áreas de la vivienda en donde se usará el recurso

pluvial, el propósito de este diseño es prescindir de un sistema de bombeo que envíe el agua de una cisterna a un tinaco. Este diseño pretende además aprovechar el Sobre Techo para crear una cámara de aire sobre la cubierta de la vivienda, que puede además aprovecharse como un espacio social a manera de “Terraza” o “Roof Garden” cubierto. Este diseño de sistema de captación pluvial está destinado a la vivienda de nueva construcción.

La segunda propuesta, denominada “**Propuesta 2**”, contempla un diseño más tradicional en el que el agua se colecta de la cubierta (techo) de la vivienda y se canaliza a través de bajadas pluviales a una cisterna de 5 m³ en la que se almacena el agua y desde donde se la bombea a un tinaco de 450 litros usando una bomba centrífuga de 1 HP. Se seleccionó para esta propuesta una cisterna prefabricada marca “Rotoplas^{M.R.}” de 5 m³ con un diámetro de 2.05 (+0.5) metros, como una alternativa de fácil implementación especialmente en viviendas ya construidas en donde además no se dispone de mucho espacio para construir grandes cisternas. Este sistema se puede adaptar con relativa facilidad a la vivienda ya construida.

Se describirán a continuación con mayor detalle las propuestas y se calculan sus costos.

Propuesta 1

Superficie de captación de 140 m²

Con un Sobre Techo construido con losa de concreto colada en sitio, cubriendo un área de 10m x 14 m con pretilos de 15 cm de ancho y 15 cm de alto, soportada por una trabe que es parte de un muro de carga a lo largo de todo el eje D, además de apoyarse en muros de carga en el eje A de 2 a 6, en el eje C de 2 a 6, además de 12 castillos de 15cm x 15 cm, en los ejes; 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-D', 1-E, 2-B, 2-D, 2-E, 5-E, 6-D' y 6-E. Se opta por un sobre techo de losa de concreto armado para que resista adecuadamente el embate de los vientos, así como fácilmente resistir el peso del agua en época de lluvias y el peso de varias personas que pudieran subir a la cubierta para darle mantenimiento.

El costo de esta estructura se compone de:

1. Losa de 10 x 14 metros con un espesor de 10 cm y pretil de 15 x 15 cm a lo largo de todo el perímetro, que totaliza un volumen de 15.08 m³ de material a un costo de \$1404.46/m³, esto reporta un costo total de \$21 179.26

2. De acuerdo con el software “*Active Cost*”^{M.R.,17} para una cubierta de estas dimensiones se requiere un gasto de cimbrado de \$15 918.33
3. El costo de los muros de la parte superior de acuerdo a un estimado paramétrico es de unos \$ 11 000.00
4. El costo de los doce castillos se calcula de la siguiente manera, basado también en un estimado paramétrico; $12 \times ((2.55 \times 0.15 \times 0.15) \times (1404.46 \text{ \$/m}^3 \text{ de concreto})) = \948.01 y para cada castillo se requieren 4 varillas de 3, lo que equivale a 132 metros de varilla, lo que representa la compra de 14 varillas de 9.5 m (con un desperdicio inevitable de 1 metro), esto implica una inversión de \$1353.33. El costo final de los doce castillos será de aproximadamente \$2301.34

El Costo de la Instalación para captar el agua de lluvia es:

1. Tubo de cobre de 18 mm = 17.05 m (Tubo de cobre tipo M para agua de 3.05 m a \$308.00), se necesitan 6 piezas por lo tanto \$1848
2. Codos de 90° de 19 mm en cobre para soldar = 16 pzas. X \$35.00 = \$560.00
3. Unión “T” de 19 mm en cobre = 2 pzas. x \$27.00 = \$54
4. Unión “Cruz” de 19 mm en cobre = 1 pza. x \$109.92 = \$109.92
5. Tubo de PVC de 4 pulgadas = 4.60 m Marca Rexolit \$135 por 3 m = \$270.00
6. Tubo de PVC de 3 pulgadas = 0.6 m Marca Rexolit \$91.00 por 3 m = \$91.00
7. Codo de PVC de 90° 4 pulgadas = 2 pzas. Marca Rexolit \$10.00 = \$20.00
8. 3P Filtro “Downpipe Filter” = 1 pza. ... \$1999.00
9. Coladera de azotea “Rotoplas”... \$42.00
10. Sobre techo = \$ 50 398.9
11. Tinaco para Agua Pluvial “Rotoplas” SMA 450 L negro... \$985.00

El Costo del Sistema para la filtración y desinfección del agua es:

1. AT2+UV BB20... \$9468.52 (\$8162.52 más IVA)

Total Materiales y Construcción = \$ 65 846.34

Mano de Obra Instalación de Sistema de Captación Pluvial = \$ 1200.00

Total Final = \$ 67 046.34

¹⁷ *Active Cost* es un software propiedad de la empresa **Bimsa Reports S.A. de C.V.** al cual se puede acceder desde www.bimsareports.com y que permite elaborar explosiones de insumos a partir de las cuales se pueden calcular estimados paramétricos de costos de construcción.

A continuación se muestra un esquema de esta propuesta y en los anexos se presentan planos mas detallados.



Fig. 62 Ilustración de la "Propuesta 1"

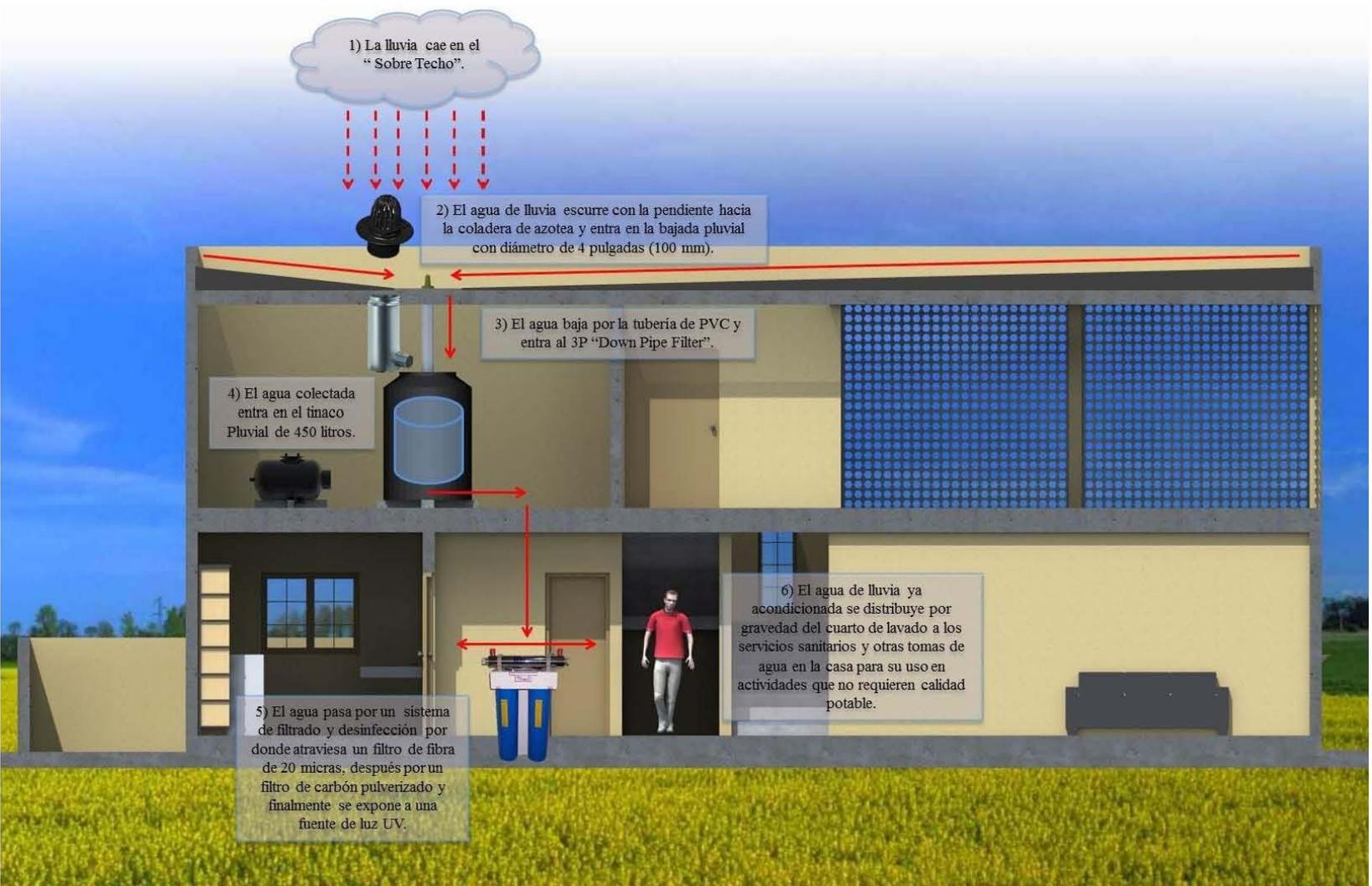


Fig. 63 Diagrama de Flujo de la "Propuesta 1"

Propuesta 2

Superficie de captación de 140 m²

El Costo de la Instalación para captar el agua de lluvia es:

1. Tubo de cobre de 18 mm = 22.79 m (Tubo de cobre tipo M para agua de 3.05 m a \$308.00), se necesitan 8 piezas por lo tanto \$2464.00
2. Codos de 90° de 19 mm en cobre para soldar = 17 pzas. x \$35.00 = \$595.00
3. Unión "T" de 18 mm en cobre = 2 x 27.00 = 54
4. Unión "Cruz" de 19 mm en cobre = 1 pza. x \$109.92 = \$109.92
5. Tubo de PVC de 4 pulgadas = 0.6+1.5 = 1.65 m Marca Rexolit \$135 por 3 m
6. Tubo de PVC de 3 pulgadas = 0.86+1.39 = 2.25 m Marca Rexolit \$91.00 por 3 m
7. Codo de PVC de 90° 4 pulgadas = 1 pza. Marca Rexolit \$10.00
8. Codo de PVC de 90° 3 pulgadas = 1 pza. Marca Rexolit \$9.00
9. Coladera de azotea "Rotoplas" ... \$42.00
10. 3P Filtro "Downpipe Filter" = 1 pza. ... \$1999.00
11. Bomba Centrifuga "Rotoplas" de 1 HP ... \$1745
12. Tinaco para Agua Pluvial "Rotoplas" SMA 450 L negro... \$985.00
13. Cisterna de 5 m³ "Rotoplas" ... \$7580
14. Excavación Cisterna y encofrado = \$ 576 + 3347.41 = 3923.41 = 4000.00

El Costo del Sistema para la filtración y desinfección del agua es:

1. AT2+UV BB20... \$9468.52 (\$8162.52 más IVA)

Total Materiales = \$ 29 287.44

Mano de Obra Instalación de Sistema de Captación Pluvial = \$ 1200.00

Total Final = \$ 30 487.44

En la siguiente página se muestra un esquema de esta propuesta y en los anexos se presentan planos mas detallados.



Fig. 64 Ilustración de la "Propuesta 2"

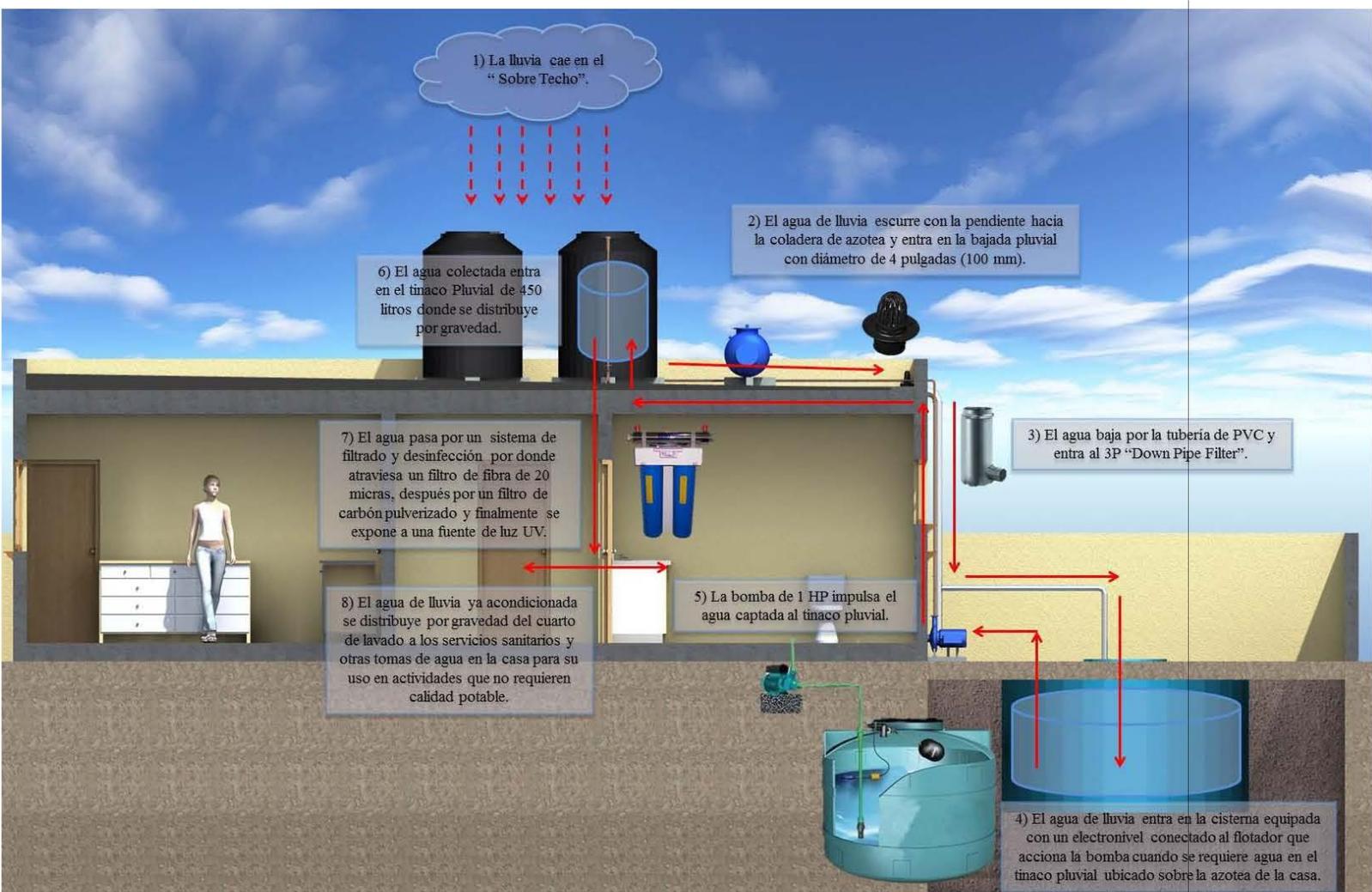


Fig. 65 Diagrama de Flujo de la "Propuesta 2"

Al comparar los costos de construcción de las dos propuestas de diseño, se optará para propósitos de analizar los costos y viabilidad de implementación de un SCALL, por la “Propuesta 2”, ya que es una propuesta de diseño aplicable tanto a la edificación nueva como a la ya existente y representa una inversión menor en cuanto a gastos de construcción, aunque implica el consumo de energía eléctrica para llevar el agua desde una cisterna subterránea de 5 m³ hasta el “Tinaco Pluvial” desde donde se distribuye para su uso en los servicios sanitarios de la casa (escusados) y la toma en el cuarto de servicio destinada a dotar con agua para el aseo del inmueble.

En primer lugar, se debe determinar el rendimiento, es decir cuanta agua de lluvia se puede aprovechar con este diseño, para lo cual se hacen los siguientes cálculos:

1. Primero se debe calcular el PCP (Ec. 1, pág.105) del diseño propuesto, considerando que su superficie es de 140 m² y tomando como promedio de la lluvia 660 mm.

$$PCP = (10^{-3})(S)(h)(\eta) = (10^{-3})(140)(660)(0.8) = 73.92 \text{ m}^3 \text{ al año.}$$

2. Después se calcula el Volumen de Consumo Diario para los usos propuestos de la siguiente manera:

$$V_{c/d} = (\mathbf{CP})(\mathbf{fA})(\mathbf{U})(\mathbf{10}^{-3}) \dots \text{Ec. 3}$$

Donde:

$V_{c/d}$ Volumen de consumo diario en m³/día

CP es el Consumo promedio de agua en litros/día/habitante

fA Factor de aprovechamiento (44% de acuerdo con lo propuesto en esta investigación)

U Usuarios (familia de 4 miembros)

10⁻³ es un factor de conversión de litros a metros cúbicos

$$V_{c/d} = (250)(0.44)(4)(10^{-3}) = 0.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

El valor del $V_{c/d}$ al multiplicarse por los 365 días del año, da como resultado que se usan 160.6 m³ de agua al año para el destino propuesto, al comparar el PCP con el Volumen de consumo anual, tenemos que el SCALL propuesto ayudará a cubrir el 46 % de la demanda.

3. En la ZMVM, de acuerdo con los datos del Servicio Meteorológico Nacional se tienen 153 días de lluvia, durante los cuales cae el 68% de la precipitación total anual, lo que significa que en la temporada de lluvia se acumulan 449 mm de lluvia y durante la temporada de estiaje (que dura unos 7 meses) se distribuyen los restantes 211 mm de precipitación pluvial. Esto implica que el SCALL propuesto funcionara con cierta proporción de agua de lluvia y el volumen faltante se suplirá con agua de la red municipal a través de un sistema de relevo.

4. Una forma de visualizar fácilmente que tanta agua para satisfacer las necesidades de un cierto número de usuarios proporcionará el SCALL, es graficar la demanda de agua anticipada expresada como consumo mensual y la precipitación promedio de cada mes en la temporada lluviosa y en la temporada de estiaje. Para facilitar el análisis en este caso se determino el consumo promedio mensual como el producto del Volumen de Consumo Diario $V_{c/d} = 0.44 \text{ m}^3/\text{viv}/\text{d}$ multiplicado por el número de días de cada mes y la dotación de agua pluvial por mes se determino de acuerdo con los datos del inciso 3; de manera que la precipitación correspondiente a la temporada de lluvia, con un valor de 449 mm se dividió entre los 153 días de duración de la temporada de lluvia para obtener un valor promedio diario de la precipitación durante la temporada de lluvia que después se multiplica por el numero de días del mes para obtener valores promedio mensuales de la precipitación por mes, este mismo procedimiento se efectuó para la precipitación de 221 mm de lluvia durante la temporada de estiaje, finalmente la proporción de lluvia por mes se introduce en la formula para calcular el PCP (Ec. 1, pág. 105). Para trabajar fácilmente esta información se la puede ingresar en una Hoja de Cálculo de Excel^{T.M.} y se grafica. A continuación se da un ejemplo de como se realizaron los cálculos descritos y se presenta de manera tabular y gráfica el resultado de este análisis.

- Cálculo del consumo mensual

Si el $V_{c/d}$ se calculo con un valor de $0.44 \text{ m}^3/\text{d}$, este valor se multiplica por el número de días en un mes, por ejemplo; si Enero tiene 31 días el consumo mensual para dicho mes será de $V_{c/m} = (0.44 \text{ m}^3/\text{d})(31 \text{ d}/\text{mes}) = 13.64 \text{ m}^3/\text{mes}$

- Cálculo de la proporción de lluvia por mes

Por ejemplo para el mes de Agosto (temporada de lluvias), la fracción de la precipitación que se presenta en la temporada de lluvia, calculada con un valor de 449

mm de lluvia se divide entre los días que dura la temporada de lluvia, que son 153, proporciona un valor diario de lluvia, el cual se multiplica por los días del mes de Agosto; dando por resultado $(449 \text{ mm}/153 \text{ días}) \times (31 \text{ días/mes}) = 91 \text{ mm}$ de lluvia para el mes de Agosto.

- Cálculo de la cantidad de agua pluvial captada al mes para una cierta superficie de captación; que por ejemplo para Agosto se obtiene de aplicar la formula para calcular el Potencial de Captación Pluvial “PCP” (Ec. 1) a los valores de la proporción de lluvia por mes, la superficie de 140 m^2 y una eficiencia del 80%, con lo que esto queda como; $PCP = (10^{-3})(S)(h)(\eta)$

$$PCP = (10^{-3})(140)(91)(0.8) = 10.2 \text{ m}^3.$$

A continuación se presenta una tabla de Excel^{T.M.} con los datos de la relación entre la demanda de agua para uso en sanitarios y limpieza en comparación con los valores esperados de oferta de agua pluvial captada con el SCALL en una superficie de 140 m^2 .

| Oferta – Demanda Área de 140 metros cuadrados | | | | | |
|---|--------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|--|
| Mes | Días por Mes | Consumo Diario m^3 | Consumo Mes m^3 | Proporción Lluvia por mes (mm) | Agua pluvial Captada al mes (m^3) |
| Enero | 31 | 0.44 | 13.64 | 30.9 | 3.5 |
| Febrero | 28 | 0.44 | 12.32 | 27.9 | 3.1 |
| Marzo | 31 | 0.44 | 13.64 | 30.9 | 3.5 |
| Abril | 30 | 0.44 | 13.2 | 29.9 | 3.3 |
| Mayo | 31 | 0.44 | 13.64 | 30.9 | 3.5 |
| Junio | 30 | 0.44 | 13.2 | 88.0 | 9.9 |
| Julio | 31 | 0.44 | 13.64 | 91.0 | 10.2 |
| Agosto | 31 | 0.44 | 13.64 | 91.0 | 10.2 |
| Septiembre | 30 | 0.44 | 13.2 | 88.0 | 9.9 |
| Octubre | 31 | 0.44 | 13.64 | 91.0 | 10.2 |
| Noviembre | 30 | 0.44 | 13.2 | 29.9 | 3.3 |
| Diciembre | 31 | 0.44 | 13.64 | 30.9 | 3.5 |

Tabla 36 Relación Oferta – Demanda por mes para una superficie de captación de 140 m^2 . Moritz 2012

En la siguiente página se presenta la gráfica generada a partir de los valores de la tabla anterior.

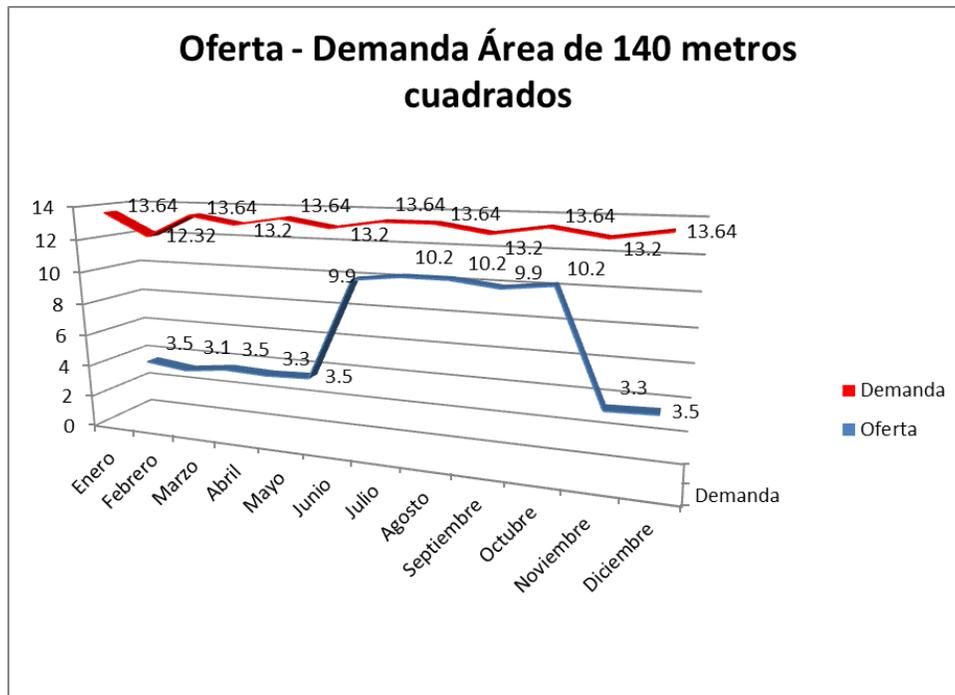


Fig. 66 Gráfica de la Relación Oferta – Demanda por mes para una superficie de 140 m².

En la gráfica se puede apreciar en color rojo la demanda mensual de agua para el sanitario y el aseo de la vivienda, mientras que en azul se aprecia la oferta de agua que se logra con una superficie de 140 m². Como se puede ver, la curva del agua de lluvia captada no alcanza a la curva de la demanda de agua.

- Ya una vez calculado el volumen anual de agua que se destinara a los servicios de sanitarios y de aseo del inmueble en 160.6 m³/año, que es la cantidad de agua que se será necesario mover de la cisterna al tinaco pluvial para distribuirla a los diferentes servicios de la casa, puede ahora calcularse el consumo de energía eléctrica de la bomba. De acuerdo con la página web del INE, en su apartado sobre la energía; en una casa, se utilizan aproximadamente unos 20 kW/h por año para bombear una dotación anual promedio para cuatro personas de 1 metro cúbico diario¹⁸; esto corresponde a 0.0547 kW/h/m³, por lo que para calcular el consumo eléctrico del SCALL propuesto, en kW/h anuales por vivienda (por SCALL), se hace el cálculo mostrado en la siguiente página.

¹⁸ Si se considera una bomba de 1/4 de HP y se toma en cuenta que un HP equivale a 1.4 Kilowatts y que en términos generales para llenar un tinaco una bomba así, funcionaría 10 minutos que equivalen a 1/6 de hora, para obtener el consumo de energía de dicha bomba, se multiplica la potencia usada por la bomba por su tiempo de funcionamiento, entonces; E = (1/4)(1.4)(1/6) = kW/h por cada día de operación, que al multiplicarse por 365 días al año da un consumo de energía eléctrica de unos 21 kW/h/año

$$Ce_{SCALL} = (V_T)(Pot_B)... \text{ Ec. 4}$$

Donde:

Ce_{SCALL} es el Consumo eléctrico por bombeo del SCALL en kW/h/vivienda anuales

V_T es el volumen total anual demandado para el uso propuesto

Pot_B es el la potencia consumida por la bomba en kW/h para mover un m^3 de agua

$$Ce_{SCALL} = \text{Consumo eléctrico} = (160.6 \text{ m}^3/\text{viv})(0.0547 \text{ kWh/m}^3) = 8.78 \text{ kWh/viv anuales}$$

Ahora bien, si el costo de la electricidad para la vivienda en el D.F. se considera del orden de \$3.65/kWh, tenemos el siguiente costo anual por concepto de funcionamiento de la bomba de agua del SCALL:

- Costo de la electricidad = \$3.65/kWh + 16% de IVA
- Costo de bombeo = $(8.78 \text{ kWh/viv})(3.65 \text{ \$/kWh})(1.16) = \$37.17$ anuales

Para un mejor funcionamiento del SCALL se consideran también los costos de mantenimiento¹⁹:

- Mantenimiento de la bomba = \$600.00 (bianual)
- Limpieza de cisterna ($5m^3$) = \$500.00 (anual)
- Limpieza de Tinaco (450 L) = \$300.00 (anual)
- Reparaciones Plomería y Limpieza del Filtro “Downpipe Filter” = \$300.00 (anual)

Todos los conceptos anteriores suman un costo de captación pluvial de \$1437.00 anuales.

A continuación es necesario calcular el costo de operación del equipo de filtrado y desinfección AT2+UV BB20 (pág. 104), que está en función del consumo eléctrico de la lámpara UV con potencia de 24 Watts y del cambio anual de sus dos filtros y del bulbo de la lámpara. Así, el costo de operación de este equipo se calcula de la manera siguiente:

- Costo de la electricidad = \$3.65/kwh + 16% de IVA
- Consumo eléctrico = $(24 \text{ Watts})[(365 \text{ días})(24 \text{ horas/día})/(3.6 \times 10^6)]$
- Consumo eléctrico = $(24 \text{ Watts})[(8760 \text{ horas})/(3.6 \times 10^6)] = 0.0584 \text{ kwh al año}$
- Costo de operación de la lámpara = $(\$3.65/\text{kwh})(1.16)(0.0584 \text{ kwh/año}) = \$0.247/\text{año}$

Nota: El factor $1/(3.6 \times 10^6)$ se utiliza para convertir los Watts en kW-hora

¹⁹ Los costos de mantenimiento de la bomba se estimaron a partir de la información proporcionada por la empresa dedicada al mantenimiento y reparación de bombas y equipos similares “AS Tecnimantenimiento” (Tel. 57323442 D.F.). El mantenimiento preventivo anual consistiendo básicamente en cambio del sello y delos baleros. Los costos asociados a la limpieza de cisternas y tanques así como de trabajos básicos de plomería se estimaron a partir de los precios que ofrecen dos microempresas del D.F.
Empresa 1) Tel. 55133905 D.F.
Empresa 2) Tel. 52776979 D.F.

Como puede verse el consumo eléctrico de la lámpara de luz UV es solo de unos 25 centavos al año, sin embargo cada año deben cambiarse los dos filtros y la lámpara UV, lo cual incrementa el costo de operación anual a:

- Cambio de cartucho filtro sedimentos = \$316.08
- Cambio de cartucho filtro de carbón = \$483.67
- Reposición de la lámpara UV = \$856.05
- Mano de obra y prueba del equipo = \$450.00
- Total por concepto de mantenimiento = \$2105.80 + IVA = \$2442.73

Así el total del costo anual de operación del sistema de filtrado y desinfección considerando un consumo eléctrico de \$0.25 resulta en un costo de unos \$2243 por concepto de potabilización. Finalmente el costo de operación del SCALL, que recibirá como nomenclatura “**Cop**”, esta formado de la siguiente manera:

$$\mathbf{Cop} = \text{Costo de Captación Pluvial} + \text{Costo Potabilización} = \$1437 + 2243 = \$3680$$

Para calcular con mayor precisión el costo de la operación del SCALL propuesto, tomando como base el costo de agua en \$4.50 (subsidiada) y tomando en cuenta que durante la época de estiaje el SCALL recurre a un sistema relevador con agua potable para cubrir los requerimientos de aseo del inmueble y de los sanitarios, se hace a continuación el siguiente cálculo:

$$\mathbf{CTO}_{\text{SCALL}} = (\mathbf{Cop}) + [(\mathbf{dLL} + [\mathbf{V}_0 \div \mathbf{V}_{c/d}])(1 - \mathbf{fA})(\mathbf{C}_{\text{AR}})] + [(365 - [\mathbf{dLL} + [\mathbf{V}_0 \div \mathbf{V}_{c/d}]]) (\mathbf{C}_{\text{AP}})] \dots \text{Ec. 5}$$

Donde:

CTO_{SCALL} es el costo total anual de operación del SCALL

Cop es el costo de operación como se definió en la pág.124, compuesto por el consumo eléctrico y los costos de mantenimiento anuales

dLL es la duración de la temporada de lluvia en días

V_{c/d} es el volumen de consumo diario

C_{AP} es el costo del agua del sistema de relevo (agua potable de la red municipal en este caso)

365 son los días en un año

Debe tomarse en cuenta el **V_{c/d}** completo con **fA = 1**, que corresponde al consumo total (promedio) de agua de una familia 4 integrantes y que equivale a 1 m³/d/viv, también se debe

tomar en cuenta que en la ZMVM llueve en promedio 153 días al año y que una vez llena la cisterna de 5 m³ se dispondrá de una dotación que alcanzará para 11 días mas (que resultan de la operación $V_0/V_{c/d}$), lo que corresponde a 164 días en los que se podrá disponer del recurso pluvial, el cual solo servirá para cubrir el 44% ($fA=0.44$) de la demanda total de agua de la familia de 4 integrantes, por lo que el resto de la dotación; 56% ($1-fA$), provendrá de la red pública de agua a un costo estimado en \$4.50/m³.

$$\begin{aligned} \text{Costo Total de Operación SCALL} &= (\text{consumo eléctrico y mantenimiento}) + [164(0.56)(4.50)] + \\ &[(365-164)(4.50)] = (3680.00)+[413.28]+[(201)(4.50)] = 3680.00+[413.28]+[904.50] = \text{CTO}_{\text{SCALL}} \\ &= \$4997.78 \end{aligned}$$

Así resulta finalmente que el costo total anual de operar el SCALL que corresponde con la denominada “Propuesta 2” es de unos \$4998.00 al año.

6.3 EVALUACIÓN DE LA RENTABILIDAD Y VIABILIDAD DE IMPLEMENTAR LA CAPTACIÓN PLUVIAL EN LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE LA ZMVM

Aunque la captación de agua de lluvia parece una opción de ahorro que pudiera beneficiar a muchos usuarios en la ZMVM y a los organismos operadores, pues representa en teoría un Potencial de Captación Pluvial de unos 194 millones de metros cúbicos anuales, que equivalen a un 10% de la producción de agua para el abastecimiento del área de estudio y que en dinero equivale a unos 1590 millones de pesos al año, sin embargo como se explicó en la página 107, el estimado promedio de la producción de agua a través de la captación pluvial en techos de edificaciones habitacionales es de alrededor de 40 m³/vivienda/año (PCP_{RV}), lo cual en términos de volumen aprovechable para las familias no representa un abasto considerable, pues de manera general cada hogar con un promedio de hacinamiento estimado en 4 miembros, consume 1m³ de agua al día. Si se toma en cuenta que el propósito de esta investigación se centró alrededor del aprovechamiento de agua de lluvia para los usos sanitario y de aseo del inmueble (44% del consumo) se puede calcular que el PCP_{RV} de 40 m³/vivienda/año alcanzaría para:

$$\text{Días de abasto del } PCP_{RV} = (40 \text{ m}^3/\text{vivienda/año})(1 \text{ m}^3/\text{vivienda/día})/0.44 = 90.9 \text{ días/año}$$

Es decir que el Potencial de Captación Pluvial anual por vivienda calculado a partir del Índice de Superficie Aprovechable (ISA) del área de estudio, produciría una cantidad de agua para cubrir

las necesidades de la familia promedio que alcanzaría solo para 3 meses, lo cual lo hace ver poco atractivo en cuanto a términos de rendimiento.

Tal y como se calculó para el tipo de vivienda propuesta con un área de captación de 140 m² y una cisterna de almacenamiento de 5 m³, la producción de agua de origen pluvial es de 73.92 m³ anuales, complementando en 46% el abasto requerido de 160.6 m³ de agua para uso en los servicios sanitarios y aseo del hogar, con un gasto asociado de operación de \$4998.00. Ahora bien una vez definido el costo de operación y el rendimiento anual del sistema, debe compararse esta información frente al costo del agua potable entubada (municipal), que tiene precios tan bajos como \$4.50/m³, que es el precio para el servicio de agua potable a tasa baja en el D.F.²⁰

Al calcular el costo asociado al uso de agua solo de la red municipal, se tiene que en una vivienda ocupada por cuatro usuarios el consumo diario es de 1m³/d/viv y el costo del agua puede considerarse de \$4.50/m³, resulta que de usarse solo agua de la red pública, el costo sería:

$$\text{Costo del consumo de agua entubada} = 365 \text{ días}(1\text{m}^3/\text{d}/\text{viv})(\$4.50/\text{m}^3) = \$1642.50 \text{ anuales}$$

Si la cantidad anterior se compara con el Costo Total de Operación del SCALL propuesto, que se calculó en unos \$4998.00, tenemos que la implementación del SCALL tiene un costo de operación anual 3 veces mayor que usar solo el agua suministrada por la red pública y esto sin considerar el costo de inversión inicial de construcción e instalación del SCALL que se calculó en \$30 487.44 (Propuesta 2).

Como se puede ver un SCALL para una vivienda unifamiliar con una superficie en planta de 140 metros cuadrados, y equipado con una cisterna de 5 metros cúbicos, no es una alternativa competitiva frente al costo tan bajo que tiene el agua gracias al subsidio que recibe, considerando por ejemplo que en el D.F. el costo del agua para uso en la vivienda tiene costos al consumidor tan bajos como \$4.50 por metro cúbico de agua, precio que se logra mantener a través de un subsidio de mas del 400%, que de no ser aplicado llevaría el precio del agua a unos \$24.50/m³. Al comparar el costo de usar solo agua entubada de la red municipal con subsidios, se puede apreciar que el costo es mucho menor que el de operar el SCALL propuesto, pues la relación que se

²⁰ Cifra proveniente de los datos de facturación vigentes (2012) del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, por concepto de suministro de agua potable para uso doméstico en “Manzana con Cuota Baja” y sin substraérsele el monto correspondiente a la parte proporcional del cobro de servicio de agua por el concepto de operación del Drenaje, que en proporción de acuerdo con los datos de las páginas 85 a 87, corresponde en promedio a un 40.75% del costo del servicio de agua potable.

establece en función de la demanda de agua para los usos definidos en las consideraciones iniciales para el diseño del SCALL y que representan un volumen de 160.60 m³, es de \$31.12/m³ de agua, en comparación de \$4.50/m³ de agua para el servicio de agua potable a tasa baja en el D.F., e inclusive representa también un costo mas alto que el del agua de la red municipal sin subsidio, que es de \$24.50/m³.

Nota: A manera de comparación, un garrafón de agua de marca comercial de 19 litros con un precio de \$33.00, equivale a un costo por metro cúbico de algo más de \$1735.00

Ahora bien, si se quisiera averiguar que características debe tener un SCALL para suministrar las necesidades de agua para sanitarios y aseo del inmueble para una familia de 4 integrantes por un año completo, se efectúa el siguiente cálculo:

1. Según se calculó en la página 116 al aplicar la ecuación 3; en una vivienda ocupada por cuatro personas se consumen 0.44 m³/día, que al año representan un volumen de 160.6 m³, que es la demanda anual de agua para el uso propuesto.
2. Se considera que en la ZMVM la cantidad de lluvia anual promedio es de 660 mm.
3. En base a los datos de los dos incisos anteriores, se puede calcular el tamaño que la superficie de captación debe tener para suplir la demanda de agua, al despejar de la ecuación 1 la variable “S” y sustituir el PCP con el valor de la demanda:

$$PCP = (10^{-3})(S)(h)(\eta) \rightarrow S = PCP(10^3)/((h)(\eta)) = (160.6)(10^3)/((660)(0.8)) = 304.2 \text{ m}^2$$

Para fines prácticos se puede proyectar una superficie rectangular de 17x18 metros que totalizan 306 m², la cual proporciona un PCP = 161.6 m³/año.

4. De acuerdo a los datos del Servicio Meteorológico Nacional; al año la temporada de lluvias dura aproximadamente 153 días, durante los cuales cae el 68% de la precipitación total anual, lo que significa que en la temporada de lluvia se acumulan 449 mm de lluvia y durante la temporada de estiaje (que dura unos 212 días) se distribuyen los restantes 211 milímetros de precipitación pluvial.
5. De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, en la ZMVM se tienen una temporada de lluvia de 153 días, durante los cuales cae el 68% de la precipitación total anual, lo que significa que en la temporada de lluvia se acumulan 449 mm de lluvia y

durante la temporada de estiaje (unos 7 meses) se distribuyen los restantes 211 mm de precipitación pluvial. Para determinar si el agua captada durante la temporada de lluvia llenará el depósito, se hace el siguiente cálculo:

$$V_{hM} = (PCP)(fMP)... \text{ Ec. 6}$$

Donde:

V_{hM} es el volumen de agua captado por el SCALL durante la temporada de lluvias

PCP es el potencial de captación pluvial del SCALL

fMP es el porcentaje de la precipitación total anual que cae durante la temporada de lluvias, que de acuerdo con el SMN es del 68%.

$$V_{hM} = (161.6)(0.68) = 109.9 \text{ m}^3$$

- En forma general la ARCSA recomienda para el dimensionamiento del depósito de almacenamiento del SCALL, que este tenga dimensiones tales que le permitan contener el volumen de agua demandado durante la temporada de estiaje. Para calcular el volumen de un depósito tal que pueda contener el agua que se utilizará durante un año, debe tenerse en cuenta que cuando llueve, entra agua al depósito y lo llena con cierto volumen, pero también se extrae continuamente una cantidad de agua que corresponde al volumen de consumo diario ($V_{c/d}$) y al final de la temporada de lluvias el depósito conservará cierto volumen de agua que constituirá la reserva para la temporada de estiaje, durante la cual no llueve o llueve menos. Este concepto se ilustra de manera gráfica con la figura siguiente.

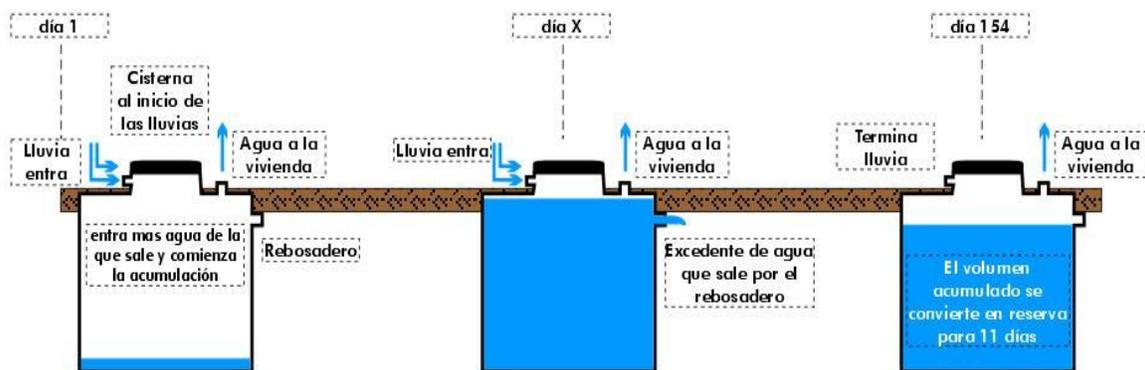


Fig. 67 La cantidad de agua que se extrae del depósito debe ser menor que la cantidad de agua que ingresa para que exista una cantidad que se acumula progresivamente y de presentarse lluvias muy fuertes que puedan llenar el depósito es importante que este cuente con un rebosadero.

Ahora bien para calcular el mejor volumen para el depósito, se aplica la siguiente formula:

$$V_0 = [(PCP)(fMP)] - [(V_{c/d})(dLL)] \dots \text{Ec. 7}$$

Donde:

V_0 es el volumen para el depósito de almacenamiento

PCP es el potencial de captación pluvial del SCALL de 162 m³, según se calculó en la pág. 124

fMP es el porcentaje de la precipitación total anual que cae durante la temporada de lluvias, que de acuerdo con el SMN es del 68%

$V_{c/d}$ es el volumen de consumo diario

dLL es la duración de la temporada de lluvia en días

$$V_0 = [(162)(0.68)] - [(0.44)(153)] = 42.84 \text{ m}^3$$

Entonces para dimensionar el depósito se le puede proyectar como una cisterna de 5.5x5.5x1.5 metros, con lo que su capacidad sería de unos 45 m³, lo cual proporciona un margen adicional de almacenamiento del 5%.

- Al comparar el volumen de la cisterna con el volumen de agua que se puede captar durante la temporada de lluvia (Ec. 6 pág. anterior), se puede ver que durante la temporada de lluvias se espera captar unos 110 m³, de los cuales se usará una cantidad igual al volumen de consumo diario ($V_{c/d}$) multiplicado por los días que dura la temporada de lluvia (dLL), por lo tanto la diferencia entre el volumen captado menos el consumido al final de la temporada de lluvia, representa el volumen de agua que quedará en la cisterna como reserva al comenzar el estiaje y se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_{Res} = V_{hM} - [(V_{c/d})(dLL)] \dots \text{Ec. 8}$$

Donde:

V_{Res} es el volumen de reserva

V_{hM} es el volumen de agua captado por el SCALL durante la temporada de lluvias

$V_{c/d}$ es el volumen de consumo diario

dLL es la duración de la temporada de lluvia en días

$$V_{Res} = 110 - [(0.44)(153)] = 42.68 \text{ m}^3$$

Si se divide la cantidad de agua que queda como reserva entre el volumen de consumo diario de $0.44 \text{ m}^3/\text{viv}/\text{d}$, la reserva calculada constituye una dotación de agua para unos 97 días. Así el SCALL propuesto con una superficie de captación de 306 m^2 y una cisterna de 45 m^3 , funciona con agua de lluvia por un periodo de 153 días que duran las lluvias, más 97 días con la reserva al comenzar el estiaje.

8. Para determinar si el SCALL propuesto, con un depósito de volumen “ V_0 ” y un consumo diario “ $V_{c/d}$ ” alcanzará a suministrar la totalidad del agua para los usos correspondientes a cierto factor de aprovechamiento “ f_A ”, se aplica la siguiente ecuación:

$$V_{\Delta} = [(PCP)(fMP)] - [(V_{c/d})(dLL)] + [(PCP)(1-fMP)] - [(V_{c/d})(365-dLL)] \dots \text{Ec. 9}$$

Donde:

V_{Δ} es el déficit o superávit de agua captada al año en m^3

PCP es el potencial de captación pluvial

fMP es el porcentaje de la precipitación total anual que cae durante la temporada de lluvias, que de acuerdo con el SMN es del 68%.

$V_{c/d}$ es el volumen de consumo diario en m^3

dLL es la duración de la temporada de lluvia en días

365 son los días en un año

$$V_{\Delta} = [(162)(0.68)] - [(0.44)(153)] + [(162)(1-0.68)] - [(0.44)(365-153)] = 1.4 \text{ m}^3 \text{ de superávit.}$$

9. Finalmente para calcular el tiempo que tarda en llenarse un cierto depósito de un SCALL, se aplica la siguiente ecuación:

$$d_A = (V_0) \div [(PCP)(fMP) \div (dLL)] - V_{c/d} \dots \text{Ec. 10}$$

Donde:

d_A son los días en los que el agua se acumula para llenar el depósito

PCP es el potencial de captación pluvial (unos 162 m^3 , según se calculó en la pág. 124)

V_0 es el volumen del depósito (45 m^3 según se calculó en la pág. 126)

fMP es la fracción de mayor precipitación que cae durante la temporada de lluvias (68%)

dLL es la duración de la temporada de lluvias en días (de acuerdo al SMN es de 153)

$V_{c/d}$ Volumen de consumo diario en $\text{m}^3/\text{día}$

$$d_A = (45) \div [(162)(0.68)/153] - 0.44 = 160.7 \text{ días}$$

El valor de d_A está relacionado con el balance que se establece dentro del depósito, entre el agua que ingresa y el agua que se extrae. Al cumplirse la condición en la que $d_A > 0$, se tiene un ingreso mayor a la extracción y de lo contrario si d_A tiene un valor negativo indica que se extrae mas agua de la que ingresa y se puede pensar en aumentar la superficie de captación. Por otra parte si el valor de d_A es mayor que cero pero menor que d_{LL} , ello indicará a partir de que día de la temporada de lluvia se espera que un excedente de agua rebose y en el caso de que d_A sea mayor que cero y mayor que d_{LL} , significa que durante la temporada de lluvias la probabilidad de que el depósito se llene demasiado y rebose es casi nula (si d_A es mucho mayor que d_{LL} , ello indica que el depósito opera con un gran volumen ocioso).

De acuerdo con lo calculado en los nueve incisos anteriores, para cubrir las necesidades de agua para los servicios sanitarios y para aseo de la vivienda de una familia de 4 miembros (usos que no requieren de agua con calidad potable), es necesario contar con una superficie de captación (techos) que totalice unos 306 m² y contar con una cisterna de unos 45 m³.

En la siguiente tabla se muestra la comparación entre los rendimientos que se obtienen con los tres tamaños de superficie analizados en esta investigación; primero la superficie promedio estimada que tienen las viviendas en la ZMVM, después la superficie correspondiente a las propuestas de diseño planteadas y finalmente la superficie calculada para cubrir la demanda de agua para usos no potables en una vivienda de la ZMVM ocupada por 4 usuarios.

| Comparación de Rendimientos SCALL Doméstico | | | |
|--|------------|------------|-------------|
| Superficie de captación en m² | 75 | 140 | 306 |
| m³/año de agua producidos | 40 | 74 | 162 |
| Porcentaje de la dotación anual | 25% | 46% | 101% |

Tabla 37 Comparación de los rendimientos de los tres tamaños de superficie analizados. Moritz 2012

Para poner esto en una perspectiva monetaria que permita hacer una comparación, se pueden estimar los costos paramétricos proporcionales correspondientes a una vivienda con 140 m² en planta y otra con 306 m², utilizando la herramienta en línea “Active Cost^{M.R.}”. Al proponerse el tipo de edificación y la superficie, “Active Cost^{M.R.}” genera reportes con un buen aproximado de los costos asociados a cada tipo de edificación, de dichos reportes (incluidos en los anexos) se puede extraer la siguiente información; construir una casa con una planta de 306 m² tendría un costo de mas de 1.1 millones de pesos mas una cisterna con costo aproximado de unos \$12 mil mas un costo de implementación del SCALL de unos \$30 mil, que totalizan aproximadamente 1 millón 150 mil pesos, sin contar los costos de mano de obra por concepto de construcción, este monto calculado se compara con el costo que tendría una vivienda de 140 m² que sería del orden

de los 450 mil pesos (sin contar mano de obra) mas el SCALL de unos \$30 mil y que al final indica que para tener un SCALL tal que pueda cubrir la demanda de agua para sanitarios y aseo de la vivienda de una familia de 4 integrantes, es necesario construir una casa de mas del doble de precio que una casa con una planta de 140 m² tal como se contempló al definir los criterios para las propuestas de diseño evaluadas en esta investigación, ahora bien otra alternativa menos costosa, sería adecuar las superficies de patios para complementar el área del techo y acercar el tamaño de la superficie de captación a los 306 m², recogándose la lluvia tanto de techos como de patios impermeables.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO 6

- Al analizar las dos propuestas de diseño planteadas, la Propuesta 2 consistente en captar la lluvia directamente del techo de la vivienda con superficie de 140 m², resulta mas practica, pues es relativamente fácil de implementar tanto en la vivienda nueva como en la existente, con un costo de unos \$30 mil (*versus* unos \$67 mil de la Propuesta 1) y aunque requiere de consumo eléctrico por concepto de bombeo el costo asociado a esta operación es de menos de \$40.00 al año.
- El SCALL seleccionado tiene un rendimiento de casi 74 m³ anuales de agua de lluvia utilizable, que representan el 46% del abasto de agua para usos no potables en la vivienda, a un costo de operación de \$4998.00 al año, que es tres veces mayor que el costo de \$1642.50 que tiene el uso de agua únicamente de la red publica.
- Para cubrir las necesidades de agua para sanitarios y aseo de la vivienda ocupada por 4 usuarios, se necesita una superficie de captación de unos 306 m² y una cisterna de 45 m³, lo que corresponde a una casa de más de 1 millón de pesos (sin contar mano de obra ni precio del terreno), mas del doble del precio estimado que tendría una casa como la proyectada en la “Propuesta 2”.
- Aun cuando el agua de lluvia colectada tenga un destino no potable, la ARCSA recomienda instalar un sistema de filtración y desinfección (p ej. AT2+UV BB20 distribuido por Aguatec), para que el agua sea segura al contacto y se tenga una reserva que se puede fácilmente potabilizar en caso de emergencia.

CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La lluvia es una fuente de agua con una calidad relativamente buena que debe valorarse y estudiarse mejor y falta en México investigar más sobre el uso potencial del agua de lluvia para que pueda llegar a convertirse en una alternativa real que aporte en la solución de los retos en materia de abasto de agua para la población. No obstante, lo analizado en el presente trabajo indica que la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en la vivienda unifamiliar de la Zona Metropolitana del Valle de México no es una alternativa muy atractiva ni en términos de rendimiento (volumen de agua producido) ni en términos económicos. La captación de agua de lluvia es en todo caso sólo una alternativa entre muchas que puede contribuir en los esfuerzos por solucionar el problema de abasto de agua.

Las conclusiones de esta investigación son las siguientes:

1. En el supuesto de que se pudiera aprovechar toda el agua que cae sobre los techos de las viviendas en la ZMVM se colectarían al año unos 194 millones de m³ lo que representa un 10% del consumo de agua en la zona y un ahorro hipotético para los organismos operadores de unos 1590 millones de pesos.
2. En la vivienda, la falta de espacio para la instalación de depósitos grandes para el almacenamiento del agua de lluvia colectada, es una de las principales limitantes para la efectiva implementación de SCALL a nivel doméstico.
3. Adecuar las viviendas en la ZMVM para implementar SCALL no resulta fácil, puesto que todas las azoteas son diferentes y muchas de ellas albergan estructuras semipermanentes y mascotas, factores que inciden negativamente sobre la cantidad y calidad del agua de lluvia que se pueda captar.
4. Los altos costos y la necesidad de hacer muchas adaptaciones a la vivienda y a la infraestructura urbana para implementar sistemas de captación pluvial en la ZMVM hacen ver a esta opción de abastecimiento de agua como poco práctica.

5. La ZMVM es una extensa masa urbana ubicada dentro de una misma cuenca, sin embargo por su variada geomorfología, la ZMVM incluye diferentes microclimas con índices de precipitación diferentes, por lo que no se puede estandarizar un solo tamaño de SCALL para las viviendas de la zona.
6. La operación de un SCALL representa un costo que llega a ser unas tres veces mayor que el costo de usar solo el agua suministrada por la red pública, además de los costos de instalación, con cifras que oscilan entre los \$20 mil y los \$30 mil, además de requerirse atención continua del usuario y mantenimiento periódico adecuado.
7. La implementación de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia en conjuntos multifamiliares puede ser una opción más atractiva, ya que se dispone de más espacio y los costos asociados a la instalación y operación de sistemas de captación pluvial, se distribuyen entre un mayor número de usuarios.
8. A diferencia de las áreas altamente densificadas de la zona de estudio, en el medio rural, en donde se dispone de mas espacio y pueden construirse viviendas para familias de 4 integrantes con una superficie de captación mínima de 306 m^2 (76.5 m^2 por persona), la captación de agua de lluvia puede tener mayor éxito y pueden incorporarse criterios de este tipo en los requisitos para la construcción de nuevos fraccionamientos.
9. Finalmente en lugares con altos índices de precipitación pluvial, como por ejemplo en la zona del Río Usumacinta en Tabasco, en donde la lluvia es abundante y alcanza 2400 mm anuales, pueden implementarse sistemas de captación de agua de lluvia con superficies de captación de solo 85 m^2 , que alcanzan a cubrir las necesidades de agua no potable para una familia de cuatro integrantes.

FUENTES DE CONSULTA

Bibliografía

- **Ayala M. et al**, SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), México 1998. Pág. 1-55
- **Báez J.**, INGENIERÍA AMBIENTAL, Ediciones Uninorte, Colombia 2004, Pág. 102-115
- **Carmona R.**, EL AGUA, Escala Fondo Editorial, Colombia 1985, Pág. 19-27, 33-37.
- **Collet L. et al**, DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE VIVIENDAS, Ediciones EUDECOR SdeRL, Argentina 1997. Pág. 7-9
- **Gleick P.**, WATER IN CRISIS, Oxford University Press, Reino Unido 1993, Pág. 3-5, 110
- **Gray N.**, CALIDAD DEL AGUA POTABLE, Editorial Acribia S.A., España 1996, Pág. 1-4, 24-27.
- **Kemmer F.**, MANUAL DEL AGUA, Mc-Graw Hill Interamericana, México 1989, Pág. 1-5.
- **Mechell J. et al**, RAINWATER HARVESTING SYSTEM PLANNING, Texas AgriLife Extension Service, Estados Unidos 2010, Pág. 40-41, 61-104, 125-143, 157-201
- **Metcalf & Eddy**, WASTEWATER ENGINEERING, McGraw-Hill Inc., Estados Unidos 1991, Pág. 1-11
- **Nebel B. & Wright R.**, ENVIRONMENTAL SCIENCE, Prentice Hall Inc. Estados Unidos 1998, Pág. 263-341
- **Pürschel W.**, LA CAPTACIÓN Y EL ALMACENAMIENTO DEL AGUA POTABLE, Urmo S.A. de Ediciones., España 1976, Pág. 32-36
- **Tchobanoglous G. & Schroeder D.**, WATER QUALITY, Addison Wesley publishing Co. Inc. Estados Unidos 1987, Pág. 7, 25, 36-139.
- **Turriano J.**, LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS Vol. I, Ediciones Turner, España 1983, Pág. 82-86,

Tesis consultadas

- **Pliago S.,** LA SUSTENTABILIDAD COMO FACTOR INDISPENSABLE EN LA VIVIENDA DE LA CIUDAD DE MÉXICO. Tesis de Maestría en Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. 2009
- **Rivera E.,** SISTEMA DE CAPTACIÓN DE LLUVIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de México. 1981

Publicaciones periódicas

- **CONAGUA ,** ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN MÉXICO 2010, CONAGUA / SEMARNAT, México 2010
- **CONAGUA,** ESTADÍSTICAS DEL AGUA DE LA REGIÓN AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO, CONAGUA/SEMARNAT, México 2009
- **UAM - Azcapotzalco,** ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2005 Vol. VII, Editorial Limusa, México 2005

Fuentes de Internet

- Página Web de la Asociación Americana de Sistemas de Captación de Lluvia (American Rainwater Catchment Systems Association).
<http://www.arcsa.org>
- Página Web de la empresa Bimsa Reports dedicada a proporcionar información especializada sobre la industria de la construcción.
<http://www.bimsareports.com>
- Página Web en Español del Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos de Norteamérica sobre el Ciclo Hidrológico.
<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.htm>
- Revista en línea “Transferencia” del Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM).
<http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/home.html>
- Página web de la “Asociación Venezolana de Industrias del Agua Subterránea”.
<http://avias-aguassubterranas.blogspot.com/>

GLOSARIO

Agostadero: Acción de pastar al ganado durante la estación seca en terrenos de rastrojo o en dehesas.

Aljibe: Del Árabe hisp. *Alǧúbb*, depósito construido en mampostería con paredes impermeables, parcial o totalmente enterrado y destinado a contener agua de lluvia colectada de techos y patios impermeables. Algunos aljibes cuentan inclusive con sistemas de filtración para poder dar un uso potable al agua colectada.

ARCOSA: Siglas en Inglés para la “American Rainwater Catchment Systems Association”, la Asociación Americana de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia con sede en los Estados Unidos. www.arcsa.org

Baipás: Del Inglés *bypass*, según lo define la Real Academia Española de la Lengua, se trata de un desvío hecho en un circuito o en una vía de comunicación, etc., para salvar una interrupción o un obstáculo.

Biota: El conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan una cierta área.

Dimensionamiento: Proceso para determinar el tamaño o característica correcta, esperada o requerida de un sistema constructivo.

Electronivel: Es un elemento de control eléctrico que está conectado a una boya dentro de un deposito y permite la alimentación eléctrica de una bomba de agua cuando la boya ha alcanzado cierto nivel mínimo, con lo que el deposito se llena de manera automática, cerrándose el circuito eléctrico una vez lleno el deposito.

Escorrentía: Es el agua que discurre por la superficie de un terreno.

hm³: Abreviación de hectómetros cúbicos. Un hectómetro cúbico equivale a un millón de metros cúbicos.

Ion: pl. Iones, son Partícula eléctricamente cargada constituida por un átomo o molécula.

ISA: Abreviación de Índice de Superficie Aprovechable

Jagüey: Pozo o zanja que se llena de agua durante la estación lluviosa, ya sea porque la lluvia se acumula o porque se capta el agua de alguna escorrentía.

Pichancha: Término usado en México para designar a las rejillas que evitan que las partículas sólidas grandes entren a los desagües. En especial se refiere a las trampas con rejilla para los desagües de piso colocados en los baños y en los registros de patio.

Pluvial: Relativo a la lluvia

Pluviógrafo: Instrumento usado para medir la intensidad de la lluvia, que por medio de un sistema de grabación mecánica registra gráficamente la cantidad de lluvia en un cierto intervalo de tiempo, sobre una tira especial de papel cuadriculado o bien sea por medios digitales almacena la información sobre la precipitación en un ordenador.

Pluviómetro: Aparato que sirve para medir la lluvia que cae en lugar y tiempo dados.

SCALL: Abreviación de Sistema de Captación de Agua de Lluvia

SMN: Abreviación Servicio Meteorológico Nacional

ZMVM: Abreviación para Zona Metropolitana del Valle de México

ANEXOS

Fórmulas

1) $PCP = (10^{-3})(S)(h)(\eta)$ Ecuación para determinar el Potencial de Captación Pluvial. Pág. 99

Modificada de Ayala M. et al, 1998

En el caso de que la superficie de captación tenga diferentes inclinaciones y/o diferentes materiales, se puede dividir la superficie total en áreas menores de acuerdo a su coeficiente de pérdida, el cual determinará la eficiencia, pudiéndose calcular entonces el PCP de una superficie de captación de áreas compuestas como:

$$PCP_{i \rightarrow n} = (10^{-3})[(S_i \eta_i) + \dots (S_n \eta_n)](h) \quad \text{Moritz 2011}$$

Dónde:

$PCP_{i \rightarrow n}$ es el potencial de captación pluvial anual de una superficie de captación compuesta por “n” áreas con diferentes eficiencias

S_i es la superficie de captación i expresada en metros cuadrados

η_i es la eficiencia de la superficie i asociada al factor de pérdida

S_n es la superficie de captación n expresada en metros cuadrados

η_n es la eficiencia de la superficie n asociada al factor de pérdida

h es la precipitación media anual expresada en milímetros de lluvia

10^{-3} es el factor numérico para convertir a metros la altura de la lluvia acumulada

Otra variante de la Ecuación 1, es la siguiente, calculada en función de la lluvia máxima en 24 horas, que puede servir para proporcionar el volumen de agua asociados a eventos extremos de lluvia y es una ecuación útil para determinar cuanta agua ha de pasar por el SCALL durante una tormenta.

$$V_{Tor} = (10^{-3})[(S_i \eta_i) + \dots (S_n \eta_n)](h_{24}) \quad \text{Moritz 2011}$$

Dónde:

V_{Tor} es el volumen de agua que pasará por el SCALL durante una tormenta

S_i es la superficie de captación i expresada en metros cuadrados

η_i es la eficiencia de la superficie i asociada al factor de pérdida

S_n es la superficie de captación n expresada en metros cuadrados

η_n es la eficiencia de la superficie n asociada al factor de pérdida

h_{24} es la precipitación máxima en 24 horas expresada en milímetros de lluvia

10^{-3} es el factor numérico para convertir a metros la altura de la lluvia acumulada

2) $PCP_{SA} = (10^{-3})(S_{urb})(h)(\eta)(ISA)$ Ecuación para determinar el potencial de captación pluvial de la superficie de techos de edificios habitacionales. Pág. 100, *Moritz 2012*

3) $V_{cd} = (CP)(fA)(U)(10^{-3})$ Ecuación para calcular el volumen de consumo diario de agua. Pág. 112, *Moritz 2012*

4) $Ce_{SCALL} = (V_T)(Pot_B)$ Ecuación para determinar el consumo eléctrico asociado al bombeo de agua. Pág. 116, *Moritz 2012*

5) $CTO_{SCALL} = (Cop) + [(dLL + [V_0 \div V_{cd}])(1-fA)(C_{AP})] + [(365 - [dLL + [V_0 \div V_{cd}]])(C_{AP})]$ Ecuación para determinar el costo total de operación de un SCALL incluyendo los conceptos asociados al consumo de agua de un sistema relevador de agua. Pág. 117, *Moritz 2012*

6) $V_{hM} = (PCP)(fMP)$ Ecuación para determinar el volumen de agua captado por un SCALL durante la temporada de lluvias. Pág. 121, *Moritz 2012*

7) $V_0 = [(PCP)(fMP)] - [(V_{cd})(dLL)]$ Ecuación para determinar el volumen mas adecuado para el depósito de un SCALL de acuerdo con la relación entre el Potencial de Captación y el Consumo Diario. Pág. 122, *Moritz 2012*

8) $V_{Res} = V_{hM} - [(V_{cd})(dLL)]$ Ecuación para determinar el volumen de agua que queda en reserva al final de la temporada de lluvias. 122, *Moritz 2012*

9) $V_{\Delta} = [(PCP)(fMP)] - [(V_{cd})(dLL)] + [(PCP)(1-fMP)] - [(V_{cd})(365-dLL)]$ Ecuación para determinar el déficit o superávit de agua captada al año por un SCALL con cierto Potencial de Captación y un Depósito de volumen “ V_0 ”. Pág. 123, *Moritz 2012*

10) $d_A = (V_0) \div [(PCP)(fMP) \div (dLL)] - V_{cd}$ Ecuación para determinar el tiempo que tarda en llenarse un cierto depósito de un SCALL. Pág. 123, *Moritz 2012*

Cotizaciones y Reportes de Explosiones de Insumos



PRESUPUESTO

| Serie/número | Fecha | Cód. cliente |
|--------------|-----------|--------------|
| 1241 | 25-sep-12 | 0013 |

Cliente

CLASICO Y CONTEMPORANEO S.A.
Div.AGUATEC
 CONCEPCIÓN BEISTEGUI # 803 P.B.
 03100 COL. DEL VALLE
 DEL. BENITO JUAREZ
 RFC CCO800308TU6
 Tel. (55)55239940 Fax (55)55234629

MOSTRADOR
 Concepcion Beistegui # 803 P.B.
 Benito.Juárez, Mexico DF
 Col. Del Valle 03100
 RFC XAXX010101 Ref.
 Tel. (5) 523-4629 Fax (5) 523-9940

| Código | Descripción | Cantidad ó Med. | P- Unitario | Dto. | Importe |
|-----------------|--|-----------------|-------------|------|---------|
| C2 S SPBB5-20 | CARTUCHO DE SEDIMENTO 20"x 4-1/2" 5 MICRAS POLIPROPILENO BIG BOY. | 1.00 0 | 316.08 | | 316.08 |
| C2 G GAC-BB20 | CARTUCHO DE CARBON ACTIVADO GRANULAR 4 1/2"x 20" BIG BOY. | 1.00 0 | 483.67 | | 483.67 |
| UV L WUVLAMP6 | LAMPARA DE LUZ ULTRAVIOLETA MOD.WUVLAMP6 PARA 6 GPM. | 1.00 0 | 856.05 | | 856.05 |
| SERV AT2UV BB20 | MANTENIMIENTO A PURIFICADOR DE AGUA AT2+UV BB20, CONSTA DE CAMBIO DE FILTROS, LAMPARA DE UV, LIMPIEZA DEL SISTEMA Y PRUEBAS DE CALIDAD DEL AGUA. | 1.00 0 | 450.00 | | 450.00 |

| Bruto | Dto. com. | Dto. p. p. | Base imponible | IVA | Cuota IVA |
|-------------|-----------|------------|----------------|-------|-----------|
| \$ 2,105.80 | | | 2,105.80 | 16.0% | \$ 336.93 |

Forma de pago Contado en efectivo

Notas

| | | |
|----------------------|----|-----------------|
| Total presup. | \$ | 2,442.73 |
| A cuenta | \$ | 0.00 |
| Por pagar | \$ | 2,442.73 |

Explosión de Insumos “BIMSA Reports” Casa Unifamiliar 1040 – 140 m²



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | |
|-----------|-----------------------------------|--|
| Modelo: | 1040 | CASA HABITACION Clase 4 Media 2N. Sala, Comedor, Cocina, Toilet, Cuarto de Lavado, 3 Recámaras y 1 Baño. |
| Nombre: | Federico Guillermo Moritz Parra | |
| Teléfono: | (555) 0000-0000 | |
| E-mail: | federico.moritz@comunidad.unam.mx | |
| Compañía: | UNAM Posgrado de Arquitectura | |

Familia: ACABADOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Alambre galvanizado -(kilogramo) | 10.54 | 21.33 | \$224.80 |
| Azulejo (Media) -(Metro cuadrado) | 79.73 | 97.09 | \$7,741.37 |
| Barniz mate para madera -(Galón) | 5.03 | 327.82 | \$1,648.66 |
| Cemento para pegar azulejo (pegazulejo) -(Pieza) | 7.07 | 98.71 | \$697.77 |
| Cemento para pegar pisos -(Pieza) | 14.17 | 74.90 | \$1,061.19 |
| Duela 3/4 x 4 x 8 -(Pie tablón) | 834.26 | 16.02 | \$13,364.91 |
| Impermeabilizante prefabricado SBS 3 mm espesor -(Pieza) | 8.00 | 637.93 | \$5,103.44 |
| Imprimador para impermeabilización -(Pieza) | .78 | 1,068.97 | \$828.59 |
| Laminado (Media) -(Hoja) | 19.00 | 843.10 | \$16,018.90 |
| Loseta para piso (Económica) -(Metro cuadrado) | 35.69 | 84.00 | \$2,997.58 |
| Loseta para piso (Media) -(Metro cuadrado) | 59.51 | 267.82 | \$15,936.96 |
| Madera de pino de 1ra -(Pie tablón) | 88.91 | 27.85 | \$2,476.07 |
| Madera de pino para zoclo -(Pieza) | 8.03 | 127.00 | \$1,019.67 |
| Panel de aglomerado de madera -(Pieza) | 8.23 | 57.73 | \$475.04 |
| Parquer de encino americano -(Metro cuadrado) | 63.39 | 329.00 | \$20,854.03 |
| Pegamento de contacto -(Litro) | 28.18 | 35.13 | \$989.91 |
| Pegamento para madera -(kilogramo) | 35.14 | 57.75 | \$2,029.11 |
| Pintura esmalte (Económica) -(Cubeta de 19 litros) | .01 | 780.00 | \$8.32 |
| Pintura esmalte (Media) -(Cubeta de 19 litros) | .34 | 1,264.65 | \$424.68 |
| Pintura satinada color blanco -(Cubeta de 19 litros) | .28 | 1,293.04 | \$366.34 |
| Pintura vinilica (media alta) -(Cubeta de 19 litros) | 1.78 | 990.51 | \$1,763.87 |
| Pintura vinilica (media) -(Cubeta de 19 litros) | 5.30 | 867.24 | \$4,596.84 |
| Polvo de marmol para tirol -(Tonelada) | 2.13 | 1,200.00 | \$2,558.30 |
| Primario anticorrosivo blanco o rojo óxido -(Cubeta de 19 litros) | .03 | 971.55 | \$32.27 |
| Sellador altos solidos p/madera -(Litro) | 9.68 | 65.08 | \$630.30 |
| Sellador para calafateo en impermeabilizaciones -(Pieza) | .65 | 1,075.00 | \$694.42 |
| Sellador vinilico -(Cubeta de 19 litros) | 1.55 | 514.65 | \$796.14 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 1 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción – transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: soporte@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|------|--------|--------------|
| Sellador vinílico para vidrio-aluminio -(Pieza) | 4.58 | 38.07 | \$174.50 |
| Triplay de madera 16 mm hoja estandar -(Pieza) | 8.22 | 420.00 | \$3,452.51 |
| Triplay de madera de 3 mm -(Pieza) | 7.80 | 136.77 | \$1,066.14 |
| Triplay de pino de 19 mm -(Pieza) | 3.73 | 406.89 | \$1,519.56 |
| | | | \$111,552.19 |

Familia: ACEROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|-----------|-------------------|
| Alambre recocido -(kilogramo) | 158.69 | 25.46 | \$4,040.18 |
| Alambrón No. 2(1/4") -(Tonelada) | .44 | 10,000.00 | \$4,419.87 |
| Duela de tablero de acero negro -(Hoja) | 2.77 | 417.62 | \$1,155.93 |
| Malla electrosoldada 66-10,10 -(Metro cuadrado) | 73.30 | 15.09 | \$1,106.11 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 18 -(Tramo de 6 metros) | 1.06 | 132.56 | \$140.34 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 20 -(kilogramo) | 1.22 | 18.41 | \$22.52 |
| Perfil tubular Zintro ZM-300 Calibre 20 -(Tramo de 6 metros) | 2.12 | 167.75 | \$355.20 |
| Placa de acero estructural de 90 a 200 kg/m2 -(kilogramo) | 9.36 | 12.26 | \$114.70 |
| Varilla de acero corrugada 1 No. 8 -(Tonelada) | .62 | 8,500.00 | \$5,252.80 |
| Varilla de acero corrugada 1/2" No. 4 -(Tonelada) | .88 | 8,500.00 | \$7,515.24 |
| Varilla de acero corrugada 3/4 No. 6 -(Tonelada) | .61 | 8,500.00 | \$5,156.70 |
| Varilla de acero corrugada 3/8" No. 3 -(Tonelada) | 2.15 | 8,500.00 | \$18,239.15 |
| Varilla de acero corrugada 5/8 No. 5 -(Tonelada) | .80 | 8,500.00 | \$6,813.09 |
| | | | \$54,331.83 |

Familia: CIMBRAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Barrote 1 1/2 x 4 -(Pie tablón) | 11.93 | 13.83 | \$164.97 |
| Barrote de madera para cimbra -(Pie tablón) | 1,132.45 | 15.16 | \$17,167.96 |
| Polin de madera para cimbras -(Pieza) | 27.80 | 62.00 | \$1,723.54 |
| Tablon de madera -(Pie tablón) | 14.27 | 17.58 | \$250.81 |
| | | | \$19,307.28 |

Familia: CONCRETOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Adhesivo adherente para morteros -(Pieza) | 7.31 | 1,466.38 | \$10,721.31 |
| Aditivo para unión de concreto -(Cubeta de 19 litros) | .42 | 670.00 | \$281.76 |
| Concreto premezclado f c=200 kg/cm2 -(Metro cúbico) | 36.43 | 1,463.00 | \$53,300.52 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|-----------------------------|-------|--------|--------------------|
| Membrana de curado -(Litro) | 37.23 | 31.48 | \$1,172.12 |
| Piso autonivelante -(Pieza) | 21.03 | 340.00 | \$7,149.18 |
| | | | \$72,624.88 |

Familia: GUARDA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|--------------------|
| Closet comercial 240 x 60 cm (Medio-Alto) -(Pieza) | 3.00 | 6,400.00 | \$19,200.00 |
| | | | \$19,200.00 |

Familia: ILUMINACION

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Arbotante incandescente -(Pieza) | 2.11 | .00 | \$.00 |
| Foco incandescente de 60 watts -(Pieza) | 19.01 | .00 | \$.00 |
| Lampara universal 75 watts -(Pieza) | 14.79 | .00 | \$.00 |
| Luminario 100 watts -(Pieza) | .11 | .00 | \$.00 |
| | | | \$.00 |

Familia: INFRAESTRUCTURA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Separadores para acero o malla -(Pieza) | 166.59 | .00 | \$.00 |
| | | | \$.00 |

Familia: INSTALACION DE GAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Tubo de cobre tipo L de 13 mm (1/2") -(Metro) | 8.30 | 86.44 | \$717.77 |
| Tubo de cobre tipo L de 19 mm (3/4") -(Metro) | 16.61 | 135.02 | \$2,242.33 |
| Tuerca cónica corta para gas de 13mm -(Pieza) | 11.00 | 12.51 | \$137.61 |
| Tuerca cónica corta para gas de 19mm -(Pieza) | 11.00 | 33.72 | \$370.92 |
| Valvula de paso para gas flare a flare, 10 x 10 mm -(Pieza) | 1.00 | 64.00 | \$64.00 |
| | | | \$3,532.62 |

Familia: INSTALACION ELECTRICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Apagador (interruptor) de escalera 1 módulo -(Pieza) | 4.00 | 11.90 | \$47.60 |
| Apagador (interruptor) sencillo 1 módulo -(Pieza) | 17.00 | 9.14 | \$155.38 |
| Botón para timbre -(Pieza) | 2.00 | 10.20 | \$20.40 |
| Cable de cobre desnudo Calibre 2 -(Metro) | 158.05 | 33.54 | \$5,300.98 |
| Cable THW-LS cal. 12 -(Metro) | 218.97 | 5.56 | \$1,217.49 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 3 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|--------|-------------------|
| Cable THW-LS cal. 14 -(Metro) | 218.97 | 4.12 | \$902.17 |
| caja cuadrada falvanizada para conexiones eléctricas -(Pieza) | 19.00 | 4.81 | \$91.39 |
| Centro de carga 2 X 40 amp QO2 -(Pieza) | 2.00 | 167.36 | \$334.72 |
| Chalupa economica para conexiones -(Pieza) | 32.00 | 2.35 | \$75.20 |
| Cinta aislante para cable eléctrico -(Pieza) | .95 | 11.50 | \$10.93 |
| Contacto (tomacorriente) con tierra, modulo -(Pieza) | 19.00 | 8.84 | \$167.96 |
| Contra y monitor de 19 mm (3/4) de PVC -(Juego) | 21.00 | 2.47 | \$51.87 |
| Contra y monitor de pvc 13mm -(Juego) | 101.00 | 1.57 | \$158.57 |
| Interruptor de cuchilla 2 X 30 amp -(Pieza) | 2.00 | 80.70 | \$161.40 |
| Interruptor termomagnetico 30 a 1 p 120/240 -(Pieza) | 4.00 | 64.47 | \$257.88 |
| Mufa de 13 mm seca -(Pieza) | 2.00 | 29.00 | \$58.00 |
| Poliducto de 13 mm -(Metro) | 150.02 | 3.89 | \$583.59 |
| Poliducto de 19 mm -(Metro) | 8.43 | 6.36 | \$53.60 |
| Timbre (zumbador) para 12 V, 1 módulo -(Pieza) | 2.00 | 31.02 | \$62.04 |
| Tubo plastico flexible conduit de 13 mm (1/2") -(Metro) | 49.12 | 3.47 | \$170.46 |
| | | | \$9,881.64 |

Familia: INSTALACION HIDRAULICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Carrete de soldadura para cobre -(Pieza) | 3.64 | 135.80 | \$494.92 |
| Cinta teflón -(Metro) | 23.99 | .34 | \$8.16 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 13mm -(Pieza) | 3.00 | 27.71 | \$83.13 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 25mm -(Pieza) | 3.92 | 138.38 | \$541.93 |
| Codo cobre 90º de 13mm (1/2)-(Pieza) | 57.00 | 5.19 | \$295.83 |
| Codo cobre 90º de 19mm (3/4)-(Pieza) | 15.00 | 11.64 | \$174.60 |
| Codo cobre 90º de 25mm (1)-(Pieza) | 3.92 | 27.13 | \$106.25 |
| Cople de cobre s/ranura de 13mm -(Pieza) | 3.00 | 3.88 | \$11.64 |
| Cople de cobre s/ranura de 19mm -(Pieza) | 3.00 | 8.62 | \$25.86 |
| Globo 100 lbs roscable 25mm -(Pieza) | 3.92 | 189.63 | \$742.63 |
| Lubricante para PVC, 0.500 kg -(Pieza) | .99 | 65.00 | \$64.30 |
| Manguera flexible 13 X 400 mm para lavabo -(Pieza) | 12.00 | 44.59 | \$535.08 |
| Medidor de agua domiciliario 25 mm (1) -(Pieza) | 3.92 | 1,711.93 | \$6,704.30 |
| Pasta fundente -(Pieza) | .74 | 34.30 | \$25.46 |
| Reduccion bush cobre 25x13mm -(Pieza) | 3.92 | 17.23 | \$67.48 |
| Reduccion bush cobre 25x19mm -(Pieza) | 3.92 | 17.23 | \$67.48 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|--------|--------|--------------------|
| Tapon capa cobre 13mm -(Pieza) | 103.00 | 5.32 | \$547.96 |
| Tee cobre reducción int. 19x19x13mm -(Pieza) | 3.92 | 23.46 | \$91.87 |
| Tee cobre reducción int. 19x19x25mm -(Pieza) | 4.00 | 80.65 | \$322.60 |
| Tee cobre reducción inter. 13x13x19mm -(Pieza) | 3.00 | 26.13 | \$78.39 |
| Tee de cobre de 13mm (1/2) -(Pieza) | 16.00 | 7.99 | \$127.84 |
| Tubo de cobre tipo M de 13 mm (1/2") -(Tramo) | 23.58 | 373.74 | \$8,812.62 |
| Tubo de cobre tipo M de 19 mm (3/4") -(Tramo) | 5.96 | 597.63 | \$3,563.35 |
| Tubo de cobre tipo M de 25 mm (1") -(Tramo) | 4.29 | 864.20 | \$3,706.53 |
| Tuerca union cobre 19mm (3/4) -(Pieza) | 1.38 | 53.72 | \$74.35 |
| Valv.globo p/gas roscado 19mm -(Pieza) | 1.00 | 256.24 | \$256.24 |
| Valvula de bola urrea 200lbs 13m -(Pieza) | 27.00 | 357.35 | \$9,648.45 |
| Valvula de compuerta roscable 25mm -(Pieza) | 3.92 | 107.95 | \$422.76 |
| Valvula de flotador std 13mm -(Pieza) | 4.00 | 369.53 | \$1,478.12 |
| Valvula de purga aire 19 mm de cobre p/agua -(Pieza) | 4.00 | 107.77 | \$431.08 |
| Valvula globo p/gas roscado 13mm -(Pieza) | 1.00 | 256.24 | \$256.24 |
| Válvula inserción 19 mm (3/4) fac. -(Pieza) | 4.00 | 82.71 | \$330.84 |
| | | | \$40,098.27 |

Familia: INSTALACION SANITARIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Codo PVC-Sa sanitario anger 87° c/salida de 50 mm -(Pieza) | 1.00 | 35.00 | \$35.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger 90° c/bajada 0.8 m x 40 mm -(Pieza) | 4.00 | 31.75 | \$127.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 100 mm -(Pieza) | 3.00 | 23.50 | \$70.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 50 mm -(Pieza) | 8.00 | 9.30 | \$74.40 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x40 mm -(Pieza) | 3.00 | 5.50 | \$16.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 100 mm -(Pieza) | 17.00 | 16.50 | \$280.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 50 mm -(Pieza) | 17.00 | 4.80 | \$81.60 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x40 mm -(Pieza) | 6.00 | 4.30 | \$25.80 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 100 mm -(Pieza) | 6.00 | 21.80 | \$130.80 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 40 mm -(Pieza) | 3.00 | 8.90 | \$26.70 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 50 mm -(Pieza) | 8.00 | 11.00 | \$88.00 |
| Te doble PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 3.00 | 28.00 | \$84.00 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 3.00 | 23.80 | \$71.40 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 50 x 50 mm -(Pieza) | 8.00 | 11.00 | \$88.00 |
| Tubo de albañal de 10 cm (4") -(Pieza) | 18.53 | 34.48 | \$638.95 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 5 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|------|--------|-------------------|
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 100 mm -(Tramo de 6 metros) | 5.89 | 204.60 | \$1,204.12 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 40 mm -(Tramo de 6 metros) | .59 | 69.40 | \$41.18 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 50 mm -(Tramo de 6 metros) | 1.78 | 81.90 | \$145.79 |
| Ye sencilla PVC-Sa sanitario anger de 40 x 40 mm -(Pieza) | 1.00 | 12.90 | \$12.90 |
| | | | \$3,243.14 |

Familia: INSTALACIONES ESPECIALES

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--------------------------------------|----------|--------|-------------------|
| Boquilla universal de flama -(Pieza) | .31 | 111.81 | \$34.16 |
| | | | \$34.16 |

Familia: MANO DE OBRA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Fusible cilindrico accion rapida F 8.5 x 31.5 x 20A 400 -(Pieza) | 4.00 | 24.27 | \$97.08 |
| | | | \$97.08 |

Familia: MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTA (CH Y RENTA)

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|-----------|--------------------|
| 2 Llantas R-8.5/75 -(Juego) | .00 | .00 | \$0.00 |
| Bombeo de concreto premezclado -(Metro cúbico) | 21.04 | 400.00 | \$8,415.68 |
| Hamaca con plataforma metálica y madera -(Pieza) | .35 | 20,000.00 | \$6,963.00 |
| Llantas para camión -(Juego) | .00 | .00 | \$0.00 |
| Llantas para camión volteo -(Juego) | .00 | .00 | \$0.00 |
| Llantas para motoconformadora -(Juego) | .00 | .00 | \$0.00 |
| Llantas para soldadora -(Juego) | .00 | .00 | \$0.00 |
| Pistola para aplicación de pintura por aspersión -(Pieza) | 5.40 | 68.00 | \$367.49 |
| | | | \$15,746.16 |

Familia: MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Aceite para motor a diesel -(Litro) | 7.45 | 36.50 | \$271.88 |
| Aceite para motor a gasolina -(Litro) | 1.25 | 36.50 | \$45.59 |
| Acetileno -(kilogramo) | .04 | 183.42 | \$6.90 |
| Agua -(Metro cúbico) | 39.64 | 100.00 | \$3,963.80 |
| Arena de mina (por cami?n 6m3) -(Metro cúbico) | 25.68 | 136.49 | \$3,505.63 |
| Cal Hidratada -(Tonelada) | .39 | 1,224.14 | \$476.04 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|----------|--------------------|
| Cemento blanco -(Tonelada) | .40 | 3,318.96 | \$1,333.82 |
| Cemento CPC 30 R (cemento portland compuesto) -(Tonelada) | 10.49 | 1,637.93 | \$17,185.82 |
| Diesel -(Litro) | 565.19 | 7.58 | \$4,284.17 |
| Electricidad trifásica temporal en obra -(Kilowatt por hora) | 22.08 | 3.85 | \$84.99 |
| Empaque respaldo para fachada integral de aluminio -(kilogramo) | 1.78 | 54.13 | \$96.60 |
| Eslinga de 45 cm -(Metro) | .03 | 153.99 | \$5.33 |
| Estopa blanca -(kilogramo) | .18 | 34.00 | \$6.25 |
| Gas butano Kg. -(kilogramo) | 47.87 | 3.44 | \$164.66 |
| Gas butano LP 450 grs. (bote) -(Pieza) | 6.75 | 19.14 | \$129.19 |
| Gasolina blanca -(Litro) | .00 | 12.41 | \$.06 |
| Gasolina Magna -(Litro) | 63.78 | 7.27 | \$463.65 |
| Grava -(Metro cúbico) | 6.72 | 136.49 | \$917.08 |
| Hilo plastico -(Metro) | 130.62 | 1.10 | \$143.68 |
| Lija de esmeril -(Metro) | 6.25 | 4.91 | \$30.68 |
| Lija para agua -(Pieza) | 21.19 | 8.00 | \$169.49 |
| Lija para madera -(Hoja) | 37.09 | 5.30 | \$196.59 |
| Mortero preparado en saco -(Tonelada) | .79 | 1,224.13 | \$971.13 |
| Oxigeno industrial -(Metro cúbico) | .22 | 56.20 | \$12.23 |
| Segueta -(Pieza) | 6.18 | 7.25 | \$44.83 |
| Segueta de 7 cm recta -(Pieza) | .04 | 8.50 | \$.35 |
| Soldadura serie E-6010 -(kilogramo) | .06 | 46.37 | \$2.57 |
| Soldadura serie E-7018 -(kilogramo) | 1.18 | 47.32 | \$55.69 |
| Tepetate amarillo -(Metro cúbico) | 12.49 | 122.13 | \$1,525.95 |
| Tezontle -(Metro cúbico) | 4.05 | 136.49 | \$552.81 |
| Thiner estandard -(Litro) | 15.80 | 16.37 | \$258.70 |
| Yeso amarrado -(Tonelada) | 2.07 | 905.17 | \$1,873.71 |
| | | | \$38,779.87 |

Familia: MOBILIARIO FIJO Y ACCESORIOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---------------------------------------|----------|-----------|-------------------|
| Asiento para inodoro (Media) -(Pieza) | 3.00 | 360.00 | \$1,080.00 |
| Brazo y chapetón (Media) -(Juego) | 1.00 | 210.00 | \$210.00 |
| Calentador automatico 38 lt -(Pieza) | 1.00 | 2,117.00 | \$2,117.00 |
| Cocina integral (Media) -(Pieza) | 2.00 | 10,956.50 | \$21,913.00 |
| Coladera para azotea -(Pieza) | 6.00 | 656.00 | \$3,936.00 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 7 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|-------|----------|-------------|
| Ensamble para lavabo -(Pieza) | 3.00 | 182.00 | \$546.00 |
| Inodoro (Media) -(Pieza) | 3.00 | 2,000.52 | \$6,001.56 |
| Juego de Manerales (Media) -(Jgo) | 1.00 | 320.00 | \$320.00 |
| Junta de cera Prohel para w.c. -(Pieza) | 3.00 | 8.40 | \$25.20 |
| Lavabo Ovalyn (Media) -(Pieza) | 3.00 | 765.00 | \$2,295.00 |
| Llave cuello de ganzo -(Pieza) | 4.00 | 1,401.00 | \$5,604.00 |
| Llave de paso de 19 mm -(Pieza) | 14.00 | 186.17 | \$2,606.38 |
| Llave manguera 13 mm (1/2) bronce -(Pieza) | 4.00 | 34.37 | \$137.48 |
| Mezcladora (Media) -(Pieza) | 3.00 | 1,290.00 | \$3,870.00 |
| Portarrollos papel (Media) -(Pieza) | 3.00 | 379.00 | \$1,137.00 |
| Regadera (Media) -(Pieza) | 1.00 | 364.00 | \$364.00 |
| Tarja de acero inoxidable (Económica) -(Pieza) | 1.00 | 825.00 | \$825.00 |
| Tinaco 1100 lt -(Pieza) | 1.00 | 1,464.48 | \$1,464.48 |
| | | | \$54,452.10 |

Familia: MUROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Tabique rojo recocido 5.0x11.5x23 cm. -(Millar) | 22.75 | 1,482.75 | \$33,725.97 |
| | | | \$33,725.97 |

Familia: PUERTAS Y VENTANAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Angulo de acero estructural ligero -(kilogramo) | 75.48 | 12.60 | \$951.05 |
| Bisagra para puerta -(Pieza) | 33.21 | 14.50 | \$481.61 |
| Bisagra para suelo -(Pieza) | 8.00 | 5.90 | \$47.20 |
| Candado gris metalico h.c. no.2 -(Pieza) | 2.00 | 47.46 | \$94.92 |
| Cerradura de entrada -(Pieza) | 1.00 | 324.29 | \$324.29 |
| Cerradura para intercomunicación -(Pieza) | 10.00 | 174.75 | \$1,747.50 |
| Cristal flotado 4 mm -(Metro cuadrado) | 33.61 | 239.93 | \$8,064.84 |
| Junquillo fijo de aluminio 2" -(Pieza) | 22.54 | 79.88 | \$1,800.68 |
| Moldura unión mullón fijas de aluminio -(Pieza) | 2.00 | 126.14 | \$252.75 |
| Perfil bolsa fija de aluminio -(Pieza) | 4.01 | 245.15 | \$982.28 |
| Perfil fijo escalonado de aluminio 2" -(Pieza) | 22.54 | 206.51 | \$4,655.21 |
| Puerta interior (Económica) -(Pieza) | 1.00 | 1,021.62 | \$1,021.62 |
| Puerta prefabricada interior -(Pieza) | 10.00 | 694.00 | \$6,940.00 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---------------------|-------|------|-------------|
| Vinil cuña -(Metro) | 14.28 | 1.31 | \$18.70 |
| | | | \$27,382.65 |

Familia: SOPORTERIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Abrazadera de inserción de 152 mm (6") -(Pieza) | 4.00 | 149.00 | \$596.00 |
| Abrazadera Omega de 4" -(Pieza) | 11.00 | 27.84 | \$306.24 |
| Clavo de acero galvanizado con cabeza -(kilogramo) | 84.51 | 15.00 | \$1,267.70 |
| Pija galvanizada -(Pieza) | 201.00 | .42 | \$84.42 |
| Pija para aluminio -(Pieza) | 22.00 | .21 | \$4.62 |
| Pijas para w.c. -(Juego) | 2.77 | 3.28 | \$9.08 |
| Roldana plana de 1/4 -(Pieza) | 22.00 | .20 | \$4.40 |
| Taquete autopercorante barrenancla 1/4 -(Pieza) | 6.00 | 12.49 | \$74.94 |
| Taquete de plastico 1/4 -(Pieza) | 223.00 | .35 | \$78.05 |
| Tornillo #10 50long x 4.8 mm para madera -(Pieza) | 116.00 | .39 | \$45.24 |
| Tornillo de 1/4 x 2 -(Pieza) | 22.00 | .48 | \$10.56 |
| | | | \$2,481.25 |



Reporte de Proyectos con Materiales

Total inversión directa

\$506,471.11

Explosión de Insumos “BIMSA Reports” Casa Unifamiliar 1045 – 120 m²



Reporte de Proyectos con Materiales

Modelo: 1045 CASA HABITACION Clase 4 Media 2N. Sala, Comedor, Cocina, Toilet, Cuarto de Lavado, 3 Recámaras y 1 Baño.
 Nombre: Federico Guillermo Moritz Parra
 Teléfono: (555) 0000-0000
 E-mail: federico.moritz@comunidad.unam.mx
 Compañía: UNAM Posgrado de Arquitectura

Familia: ACABADOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Alambre galvanizado -(kilogramo) | 7.73 | 21.33 | \$164.96 |
| Azulejo (Media) -(Metro cuadrado) | 45.83 | 97.09 | \$4,449.40 |
| Barniz mate para madera -(Galón) | 3.50 | 327.82 | \$1,146.97 |
| Cemento para pegar azulejo (pegazulejo) -(Pieza) | 2.03 | 98.71 | \$200.02 |
| Cemento para pegar pisos -(Pieza) | 18.87 | 74.90 | \$1,413.27 |
| Duela 3/4 x 4 x 8 -(Pie tablón) | 584.54 | 16.02 | \$9,364.29 |
| Impermeabilizante prefabricado SBS 3 mm espesor -(Pieza) | 6.00 | 637.93 | \$3,827.58 |
| Imprimador para impermeabilización -(Pieza) | .57 | 1,068.97 | \$613.59 |
| Laminado (Media) -(Hoja) | 10.00 | 843.10 | \$8,431.00 |
| Loseta para piso (Económica) -(Metro cuadrado) | 10.22 | 84.00 | \$858.67 |
| Loseta para piso (Media-Alta) -(Metro cuadrado) | 79.25 | 268.69 | \$21,293.42 |
| Madera de pino de 1ra -(Pie tablón) | 47.53 | 27.85 | \$1,323.84 |
| Madera de pino para zoclo -(Pieza) | 5.50 | 127.00 | \$698.91 |
| Panel de aglomerado de madera -(Pieza) | 2.85 | 57.73 | \$164.79 |
| Parquet de encino americano -(Metro cuadrado) | 43.45 | 329.00 | \$14,293.90 |
| Pasta para recubrimiento con grano de marmol -(Pieza) | 57.35 | 555.00 | \$31,828.81 |
| Pegamento de contacto -(Litro) | 14.28 | 35.13 | \$501.55 |
| Pegamento para madera -(kilogramo) | 22.06 | 57.75 | \$1,274.23 |
| Pintura esmalte (Económica) -(Cubeta de 19 litros) | .01 | 780.00 | \$10.52 |
| Pintura esmalte (Media) -(Cubeta de 19 litros) | .03 | 1,264.65 | \$39.73 |
| Pintura satinada color blanco -(Cubeta de 19 litros) | .17 | 1,293.04 | \$225.67 |
| Pintura vinilica (media alta) -(Cubeta de 19 litros) | 1.49 | 990.51 | \$1,477.16 |
| Pintura vinilica (media) -(Cubeta de 19 litros) | 1.51 | 867.24 | \$1,313.42 |
| Polvo de marmol para tirol -(Tonelada) | 1.95 | 1,200.00 | \$2,336.90 |
| Primario anticorrosivo blanco o rojo óxido (Cubeta de 19 litros) | .01 | 971.55 | \$11.44 |
| Sellador altos solidos p/madera -(Litro) | 5.77 | 65.08 | \$375.54 |
| Sellador para calafateo en impermeabilizaciones -(Pieza) | .48 | 1,075.00 | \$514.23 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 1 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción – transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
 C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: sopORTE@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|------|--------|---------------------|
| Sellador para recibir pasta -(Pieza) | 6.47 | 605.00 | \$3,916.69 |
| Sellador vinílico -(Cubeta de 19 litros) | .34 | 514.65 | \$172.43 |
| Sellador vinílico para vidrio-aluminio -(Pieza) | 3.99 | 38.07 | \$151.81 |
| Triplay de madera 16 mm hoja estandar -(Pieza) | 9.77 | 420.00 | \$4,102.27 |
| Triplay de madera de 3 mm -(Pieza) | 6.43 | 136.77 | \$878.93 |
| Triplay de pino de 19 mm -(Pieza) | .18 | 406.89 | \$73.95 |
| | | | \$117,449.86 |

Familia: ACEROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|-----------|--------------------|
| Alambre recocido -(kilogramo) | 170.80 | 25.46 | \$4,348.65 |
| Alambrón No. 2(1/4") -(Tonelada) | .28 | 10,000.00 | \$2,835.56 |
| Duela de tablero de acero negro -(Hoja) | .98 | 417.62 | \$409.97 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 18 -(Tramo de 6 metros) | .38 | 132.56 | \$49.78 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 20 -(kilogramo) | .43 | 18.41 | \$7.99 |
| Perfil tubular Zintro ZM-300 Calibre 20 -(Tramo de 6 metros) | .75 | 167.75 | \$125.98 |
| Placa de acero estructural de 90 a 200 kg/m2 -(kilogramo) | 3.32 | 12.26 | \$40.68 |
| Varilla de acero corrugada 1 No. 8 -(Tonelada) | .65 | 8,500.00 | \$5,544.95 |
| Varilla de acero corrugada 1/2" No. 4 -(Tonelada) | 1.01 | 8,500.00 | \$8,616.46 |
| Varilla de acero corrugada 3/4 No. 6 -(Tonelada) | .77 | 8,500.00 | \$6,577.81 |
| Varilla de acero corrugada 3/8" No. 3 -(Tonelada) | 2.46 | 8,500.00 | \$20,926.71 |
| Varilla de acero corrugada 5/8 No. 5 -(Tonelada) | .63 | 8,500.00 | \$5,318.70 |
| | | | \$54,803.22 |

Familia: CIMBRAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|--------------------|
| Barrote 1 1/2 x 4 -(Pie tablón) | 80.86 | 13.83 | \$1,118.26 |
| Barrote de madera para cimbra -(Pie tablón) | 751.29 | 15.16 | \$11,389.56 |
| Polin de madera para cimbras -(Pieza) | 28.59 | 62.00 | \$1,772.43 |
| Tablon de madera -(Pie tablón) | 12.69 | 17.58 | \$223.03 |
| | | | \$14,503.28 |

Familia: CONCRETOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Adhesivo adherente para morteros -(Pieza) | 4.95 | 1,466.38 | \$7,253.57 |
| Aditivo para unión de concreto -(Cubeta de 19 litros) | .35 | 670.00 | \$236.98 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|-------|----------|-------------|
| Concreto premezclado f c=200 kg/cm2 -(Metro cúbico) | 22.79 | 1,463.00 | \$33,335.33 |
| Concreto premezclado f c=250 kg/cm2 -(Metro cúbico) | .26 | 1,562.00 | \$398.49 |
| Membrana de curado -(Litro) | 23.80 | 31.48 | \$749.34 |
| Piso autonivelante -(Pieza) | 17.68 | 340.00 | \$6,012.86 |
| | | | \$47,986.57 |

Familia: GUARDA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Closet comercial 240 x 60 cm (Medio-Alto) -(Pieza) | 2.00 | 6,400.00 | \$12,800.00 |
| | | | \$12,800.00 |

Familia: ILUMINACION

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Arbotante incandescente -(Pieza) | 1.55 | .00 | \$.00 |
| Foco incandescente de 60 watts -(Pieza) | 13.95 | .00 | \$.00 |
| Lampara universal 75 watts -(Pieza) | 10.85 | .00 | \$.00 |
| Luminario 100 watts -(Pieza) | .08 | .00 | \$.00 |
| | | | \$.00 |

Familia: INSTALACION DE GAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Tubo de cobre tipo L de 13 mm (1/2") -(Metro) | 5.89 | 86.44 | \$509.14 |
| Tubo de cobre tipo L de 19 mm (3/4") -(Metro) | 11.78 | 135.02 | \$1,590.55 |
| Tuerca cónica corta para gas de 13mm -(Pieza) | 8.00 | 12.51 | \$100.08 |
| Tuerca cónica corta para gas de 19mm -(Pieza) | 8.00 | 33.72 | \$269.76 |
| Valvula de paso para gas flare a flare, 10 x 10 mm -(Pieza) | 1.00 | 64.00 | \$64.00 |
| | | | \$2,533.53 |

Familia: INSTALACION ELECTRICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Apagador (interruptor) de escalera 1 módulo -(Pieza) | 3.00 | 11.90 | \$35.70 |
| Apagador (interruptor) sencillo 1 módulo -(Pieza) | 12.00 | 9.14 | \$109.68 |
| Botón para timbre -(Pieza) | 2.00 | 10.20 | \$20.40 |
| Cable de cobre desnudo Calibre 2 -(Metro) | 115.98 | 33.54 | \$3,889.81 |
| Cable THW-LS cal. 12 -(Metro) | 160.68 | 5.56 | \$893.38 |
| Cable THW-LS cal. 14 -(Metro) | 160.68 | 4.12 | \$662.00 |
| caja cuadrada falvanizada para conexiones eléctricas -(Pieza) | 14.00 | 4.81 | \$67.34 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 3 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|--------|------------|
| Centro de carga 2 X 40 amp QO2 -(Pieza) | 2.00 | 167.36 | \$334.72 |
| Chalupa economica para conexiones -(Pieza) | 23.00 | 2.35 | \$54.05 |
| Cinta aislante para cable eléctrico -(Pieza) | .70 | 11.50 | \$8.02 |
| Cono plastico para señalización -(Pieza) | .03 | 147.90 | \$4.19 |
| Contacto (tomacorriente) con tierra, modulo -(Pieza) | 14.00 | 8.84 | \$123.76 |
| Contra y monitor de 19 mm (3/4) de PVC -(Juego) | 15.00 | 2.47 | \$37.05 |
| Contra y monitor de pvc 13mm -(Juego) | 74.00 | 1.57 | \$116.18 |
| Interruptor de cuchilla 2 X 30 amp -(Pieza) | 2.00 | 80.70 | \$161.40 |
| Interruptor termomagnetico 30 a 1 p 120/240 -(Pieza) | 3.00 | 64.47 | \$193.41 |
| Mufa de 13 mm seca -(Pieza) | 2.00 | 29.00 | \$58.00 |
| Poliducto de 13 mm -(Metro) | 110.09 | 3.89 | \$428.23 |
| Poliducto de 19 mm -(Metro) | 6.18 | 6.36 | \$39.33 |
| Tímbre (zumbador) para 12 V, 1 módulo -(Pieza) | 2.00 | 31.02 | \$62.04 |
| Tubo plastico flexible conduit de 13 mm (1/2") -(Metro) | 36.05 | 3.47 | \$125.08 |
| | | | \$7,423.78 |

Familia: INSTALACION HIDRAULICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Carrete de soldadura para cobre -(Pieza) | 2.42 | 135.80 | \$328.49 |
| Cinta teflón -(Metro) | 19.11 | .34 | \$6.50 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 13mm -(Pieza) | 1.00 | 27.71 | \$27.71 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 25mm -(Pieza) | 3.29 | 138.38 | \$455.01 |
| Codo cobre 90º de 13mm (1/2) -(Pieza) | 31.00 | 5.19 | \$160.89 |
| Codo cobre 90º de 19mm (3/4) -(Pieza) | 12.00 | 11.64 | \$139.68 |
| Codo cobre 90º de 25mm (1) -(Pieza) | 3.29 | 27.13 | \$89.21 |
| Cople de cobre s/ranura de 13mm -(Pieza) | 2.00 | 3.88 | \$7.76 |
| Cople de cobre s/ranura de 19mm -(Pieza) | 2.00 | 8.62 | \$17.24 |
| Globo 100 lbs roscable 25mm -(Pieza) | 3.29 | 189.63 | \$623.53 |
| Lubricante para PVC, 0.500 kg -(Pieza) | .78 | 65.00 | \$50.77 |
| Manguera flexible 13 X 400 mm para lavabo -(Pieza) | 11.00 | 44.59 | \$490.49 |
| Medidor de agua domiciliario 25 mm (1) -(Pieza) | 3.29 | 1,711.93 | \$5,629.03 |
| Pasta fundente -(Pieza) | .47 | 34.30 | \$16.20 |
| Reduccion bush cobre 25x13mm -(Pieza) | 3.29 | 17.23 | \$56.65 |
| Reduccion bush cobre 25x19mm -(Pieza) | 3.29 | 17.23 | \$56.65 |
| Tapon capa cobre 13mm -(Pieza) | 55.00 | 5.32 | \$292.60 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 4 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción - transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: soporte@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|-------|--------|-------------|
| Tee cobre reducción int. 19x19x13mm -(Pieza) | 3.29 | 23.46 | \$77.14 |
| Tee cobre reducción int.19x19x25mm -(Pieza) | 3.00 | 80.65 | \$241.95 |
| Tee cobre reducción inter. 13x13x19mm -(Pieza) | 1.00 | 26.13 | \$26.13 |
| Tee de cobre de 13mm (1/2) -(Pieza) | 8.00 | 7.99 | \$63.92 |
| Tubo de cobre tipo M de 13 mm (1/2") -(Tramo) | 12.54 | 373.74 | \$4,688.29 |
| Tubo de cobre tipo M de 19 mm (3/4") -(Tramo) | 3.42 | 597.63 | \$2,045.88 |
| Tubo de cobre tipo M de 25 mm (1") -(Tramo) | 3.60 | 864.20 | \$3,112.06 |
| Tuerca union cobre 19mm (3/4) -(Pieza) | .98 | 53.72 | \$52.74 |
| Valv.globo p/gas roscado 19mm -(Pieza) | 1.00 | 256.24 | \$256.24 |
| Valvula de bola urrea 200lbs 13m -(Pieza) | 15.00 | 357.35 | \$5,360.25 |
| Valvula de compuerta roscable 25mm -(Pieza) | 3.29 | 107.95 | \$354.95 |
| Valvula de flotador std 13mm -(Pieza) | 3.00 | 369.53 | \$1,108.59 |
| Valvula de purga aire 19 mm de cobre p/agua -(Pieza) | 3.00 | 107.77 | \$323.31 |
| Valvula globo p/gas roscado 13mm -(Pieza) | 1.00 | 256.24 | \$256.24 |
| Válvula inserción 19 mm (3/4) fac, -(Pieza) | 3.00 | 82.71 | \$248.13 |
| | | | \$26,664.24 |

Familia: INSTALACION SANITARIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Codo PVC-Sa sanitario anger 87° c/salida de 50 mm -(Pieza) | 1.00 | 35.00 | \$35.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger 90° c/bajada 0.8 m x 40 mm -(Pieza) | 2.00 | 31.75 | \$63.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 100 mm -(Pieza) | 2.00 | 23.50 | \$47.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 50 mm -(Pieza) | 5.00 | 9.30 | \$46.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x40 mm -(Pieza) | 2.00 | 5.50 | \$11.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 100 mm -(Pieza) | 15.00 | 16.50 | \$247.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 50 mm -(Pieza) | 10.00 | 4.80 | \$48.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x40 mm -(Pieza) | 3.00 | 4.30 | \$12.90 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 100 mm -(Pieza) | 6.00 | 21.80 | \$130.80 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 40 mm -(Pieza) | 2.00 | 8.90 | \$17.80 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 50 mm -(Pieza) | 5.00 | 11.00 | \$55.00 |
| Te doble PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 2.00 | 28.00 | \$56.00 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 2.00 | 23.80 | \$47.60 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 50 x 50 mm -(Pieza) | 5.00 | 11.00 | \$55.00 |
| Tubo de albañal de 10 cm (4") -(Pieza) | 13.14 | 34.48 | \$453.23 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 100 mm -(Tramo de 6 metros) | 4.64 | 204.60 | \$949.02 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 5 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|------|-------|------------|
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 40 mm -(Tramo de 6 metros) | .36 | 69.40 | \$25.04 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 50 mm -(Tramo de 6 metros) | 1.08 | 81.90 | \$88.64 |
| Ye sencilla PVC-Sa sanitario anger de 40 x 40 mm -(Pieza) | 1.00 | 12.90 | \$12.90 |
| | | | \$2,402.42 |

Familia: INSTALACIONES ESPECIALES

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--------------------------------------|----------|--------|-------------------|
| Boquilla universal de flama -(Pieza) | .19 | 111.81 | \$21.14 |
| | | | \$21.14 |

Familia: MANO DE OBRA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Fusible cilíndrico accion rapida F 8.5 x 31.5 x 20A 400 -(Pieza) | 3.00 | 24.27 | \$72.81 |
| | | | \$72.81 |

Familia: MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTA (CH Y RENTA)

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|-----------|-------------------|
| 2 Llantas R-8.5/75 -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Bombeo de concreto premezclado -(Metro cúbico) | 12.86 | 400.00 | \$5,142.05 |
| Hamaca con plataforma metálica y madera -(Pieza) | .44 | 20,000.00 | \$8,716.62 |
| Llantas para camión -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para camión volteo -(Juego) | .01 | .00 | \$.00 |
| Llantas para cargador frontal -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para motoconformadora -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para soldadora -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Pistola para aplicación de pintura por aspersión -(Pieza) | 3.83 | 68.00 | \$260.67 |
| | | | \$14,119.33 |

Familia: MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Aceite para motor a diesel -(Litro) | 11.18 | 36.50 | \$407.98 |
| Aceite para motor a gasolina -(Litro) | .83 | 36.50 | \$30.30 |
| Acetileno -(kilogramo) | .01 | 183.42 | \$2.45 |
| Agua -(Metro cúbico) | 31.41 | 100.00 | \$3,141.36 |
| Arena de mina (por cami?n 6m3) -(Metro cúbico) | 20.26 | 136.49 | \$2,765.15 |
| Cal Hidratada -(Tonelada) | .44 | 1,224.14 | \$543.66 |
| Cemento blanco -(Tonelada) | .35 | 3,318.96 | \$1,166.73 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 6 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|----------|-------------|
| Cemento CPC 30 R (cemento portland compuesto) -(Tonelada) | 9.02 | 1,637.93 | \$14,766.81 |
| Diesel -(Litro) | 580.17 | 7.58 | \$4,397.69 |
| Electricidad trifásica temporal en obra -(Kilowatt por hora) | 13.17 | 3.85 | \$50.72 |
| Empaque respaldo para fachada integral de aluminio -(kilogramo) | 1.55 | 54.13 | \$84.04 |
| Eslinga de 45 cm -(Metro) | .02 | 153.99 | \$3.78 |
| Estopa blanca -(kilogramo) | .14 | 34.00 | \$4.66 |
| Gas butano Kg. -(kilogramo) | 35.45 | 3.44 | \$121.93 |
| Gas butano LP 450 grs. (bote) -(Pieza) | 4.12 | 19.14 | \$78.90 |
| Gasolina blanca -(Litro) | .00 | 12.41 | \$.05 |
| Gasolina Magna -(Litro) | 41.54 | 7.27 | \$302.00 |
| Grava -(Metro cúbico) | 7.65 | 136.49 | \$1,044.75 |
| Hilo plastico -(Metro) | 119.46 | 1.10 | \$131.41 |
| Lija de esmeril -(Metro) | 3.96 | 4.91 | \$19.44 |
| Lija para agua -(Pieza) | 12.62 | 8.00 | \$100.98 |
| Lija para madera -(Hoja) | 22.15 | 5.30 | \$117.41 |
| Mortero preparado en saco -(Tonelada) | .59 | 1,224.13 | \$719.14 |
| Oxigeno industrial -(Metro cúbico) | .08 | 56.20 | \$4.34 |
| Segueta -(Pieza) | 3.83 | 7.25 | \$27.80 |
| Segueta de 7 cm recta -(Pieza) | .03 | 8.50 | \$.24 |
| Soldadura serie E-6010 -(kilogramo) | .04 | 46.37 | \$1.82 |
| Soldadura serie E-7018 -(kilogramo) | .42 | 47.32 | \$19.76 |
| Tepetate amarillo -(Metro cúbico) | 10.12 | 122.13 | \$1,236.39 |
| Tezontle -(Metro cúbico) | 3.00 | 136.49 | \$409.37 |
| Thiner estandard -(Litro) | 9.99 | 16.37 | \$163.55 |
| Yeso amarrado -(Tonelada) | 1.77 | 905.17 | \$1,604.07 |
| | | | \$33,468.66 |

Familia: MOBILIARIO FIJO Y ACCESORIOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---------------------------------------|----------|-----------|-------------------|
| Asiento para inodoro (Media) -(Pieza) | 2.00 | 360.00 | \$720.00 |
| Brazo y chapetón (Media) -(Juego) | 1.00 | 210.00 | \$210.00 |
| Calentador automatico 38 lt -(Pieza) | 1.00 | 2,117.00 | \$2,117.00 |
| Cocina integral (Media) -(Pieza) | 3.00 | 10,956.50 | \$32,869.50 |
| Coladera para azotea -(Pieza) | 6.00 | 656.00 | \$3,936.00 |
| Ensamble para lavabo -(Pieza) | 2.00 | 182.00 | \$364.00 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 7 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción - transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: soporte@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|-------|----------|-------------|
| Inodoro (Media) -(Pieza) | 2.00 | 2,000.52 | \$4,001.04 |
| Juego de Manerales (Media) -(jgo) | 1.00 | 320.00 | \$320.00 |
| Junta de cera Prohel para w.c. -(Pieza) | 2.00 | 8.40 | \$16.80 |
| Lavabo Ovalyn (Media) -(Pieza) | 2.00 | 765.00 | \$1,530.00 |
| Llave cuello de ganzo -(Pieza) | 5.00 | 1,401.00 | \$7,005.00 |
| Llave de paso de 19 mm -(Pieza) | 14.00 | 186.17 | \$2,606.38 |
| Llave manguera 13 mm (1/2) bronce -(Pieza) | 3.00 | 34.37 | \$103.11 |
| Mezcladora (Media) -(Pieza) | 2.00 | 1,290.00 | \$2,580.00 |
| Portarrollos papel (Media) -(Pieza) | 2.00 | 379.00 | \$758.00 |
| Regadera (Media) -(Pieza) | 1.00 | 364.00 | \$364.00 |
| Tarja de acero inoxidable (Económica) -(Pieza) | 1.00 | 825.00 | \$825.00 |
| Tinaco 1100 lt -(Pieza) | 1.00 | 1,464.48 | \$1,464.48 |
| | | | \$61,790.31 |

Familia: MUROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Tabique rojo recocido 5.0x11.5x23 cm. -(Millar) | 16.07 | 1,482.75 | \$23,830.52 |
| | | | \$23,830.52 |

Familia: PUERTAS Y VENTANAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Angulo de acero estructural ligero -(kilogramo) | 53.54 | 12.60 | \$674.61 |
| Bisagra para puerta -(Pieza) | 23.56 | 14.50 | \$341.62 |
| Bisagra para suelo -(Pieza) | 3.00 | 5.90 | \$17.70 |
| Candado gris metalico h.c. no.2 -(Pieza) | 2.00 | 47.46 | \$94.92 |
| Cerradura de entrada -(Pieza) | 1.00 | 324.29 | \$324.29 |
| Cerradura para intercomunicación -(Pieza) | 7.00 | 174.75 | \$1,223.25 |
| Cristal flotado 4 mm -(Metro cuadrado) | 29.24 | 239.93 | \$7,016.07 |
| Junquillo fijo de aluminio 2" -(Pieza) | 19.61 | 79.88 | \$1,566.51 |
| Moldura unión mullón fijas de aluminio -(Pieza) | 1.74 | 126.14 | \$219.88 |
| Perfil bolsa fija de aluminio -(Pieza) | 3.49 | 245.15 | \$854.54 |
| Perfil fijo escalonado de aluminio 2" -(Pieza) | 19.61 | 206.51 | \$4,049.84 |
| Puerta interior (Económica) -(Pieza) | 1.00 | 1,021.62 | \$1,021.62 |
| Puerta prefabricada interior -(Pieza) | 7.00 | 694.00 | \$4,858.00 |
| Vinil cuña -(Metro) | 12.42 | 1.31 | \$16.27 |



Reporte de Proyectos con Materiales

\$22,279.13

Familia: SOPORTERIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Abrazadera de inserción de 152 mm (6") -(Pieza) | 3.00 | 149.00 | \$447.00 |
| Abrazadera Omega de 4" -(Pieza) | 12.00 | 27.84 | \$334.08 |
| Clavo de acero galvanizado con cabeza -(kilogramo) | 60.34 | 15.00 | \$905.06 |
| Pija galvanizada -(Pieza) | 138.00 | .42 | \$57.96 |
| Pija para aluminio -(Pieza) | 8.00 | .21 | \$1.68 |
| Pijas para w.c. -(Juego) | 1.96 | 3.28 | \$6.44 |
| Roldana plana de 1/4 -(Pieza) | 24.00 | .20 | \$4.80 |
| Taquete autopercorante barrenancia 1/4 -(Pieza) | 4.00 | 12.49 | \$49.96 |
| Taquete de plastico 1/4 -(Pieza) | 162.00 | .35 | \$56.70 |
| Tornillo #10 50long x 4.8 mm para madera -(Pieza) | 72.00 | .39 | \$28.08 |
| Tornillo de 1/4 x 2 -(Pieza) | 24.00 | .48 | \$11.52 |
| | | | \$1,903.28 |

Familia: URBANIZACION

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Cinta plástica para señalización -(Metro) | .04 | .46 | \$.02 |
| | | | \$.02 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | |
|-------------------------|--------------|
| Total inversión directa | \$444,052.11 |
|-------------------------|--------------|

Explosión de Insumos “BIMSA Reports” Casa Unifamiliar 1045 – 540 m²



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | |
|-----------|-----------------------------------|--|
| Modelo: | 1045 | CASA HABITACION Clase 4 Media 2N. Sala, Comedor, Cocina, Toilet, Cuarto de Lavado, 3 Recámaras y 1 Baño. |
| Nombre: | Federico Guillermo Moritz Parra | |
| Teléfono: | (555) 0000-0000 | |
| E-mail: | federico.moritz@comunidad.unam.mx | |
| Compañía: | UNAM Posgrado de Arquitectura | |

Familia: ACABADOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Alambre galvanizado -(kilogramo) | 34.80 | 21.33 | \$742.30 |
| Azulejo (Media) -(Metro cuadrado) | 206.22 | 97.09 | \$20,022.29 |
| Barniz mate para madera -(Galón) | 15.74 | 327.82 | \$5,161.38 |
| Cemento para pegar azulejo (pegazulejo) -(Pieza) | 9.12 | 98.71 | \$900.08 |
| Cemento para pegar pisos -(Pieza) | 84.91 | 74.90 | \$6,359.73 |
| Duela 3/4 x 4 x 8 -(Pie tablón) | 2,630.42 | 16.02 | \$42,139.28 |
| Impermeabilizante prefabricado SBS 3 mm espesor -(Pieza) | 28.00 | 637.93 | \$17,862.04 |
| Imprimador para impermeabilización -(Pieza) | 2.58 | 1,068.97 | \$2,761.17 |
| Laminado (Media) -(Hoja) | 43.00 | 843.10 | \$36,253.30 |
| Loseta para piso (Económica) -(Metro cuadrado) | 46.00 | 84.00 | \$3,864.01 |
| Loseta para piso (Media-Alta) -(Metro cuadrado) | 356.62 | 268.69 | \$95,820.38 |
| Madera de pino de 1ra -(Pie tablón) | 213.91 | 27.85 | \$5,957.28 |
| Madera de pino para zoclo -(Pieza) | 24.76 | 127.00 | \$3,145.09 |
| Panel de aglomerado de madera -(Pieza) | 12.85 | 57.73 | \$741.56 |
| Parquer de encino americano -(Metro cuadrado) | 195.51 | 329.00 | \$64,322.54 |
| Pasta para recubrimiento con grano de marmol -(Pieza) | 258.07 | 555.00 | \$143,229.63 |
| Pegamento de contacto -(Litro) | 64.25 | 35.13 | \$2,256.99 |
| Pegamento para madera -(kilogramo) | 99.29 | 57.75 | \$5,734.02 |
| Pintura esmalte (Económica) -(Cubeta de 19 litros) | .06 | 780.00 | \$47.34 |
| Pintura esmalte (Media) -(Cubeta de 19 litros) | .14 | 1,264.65 | \$178.77 |
| Pintura satinada color blanco -(Cubeta de 19 litros) | .79 | 1,293.04 | \$1,015.53 |
| Pintura vinilica (media alta) -(Cubeta de 19 litros) | 6.71 | 990.51 | \$6,647.22 |
| Pintura vinilica (media) -(Cubeta de 19 litros) | 6.82 | 867.24 | \$5,910.38 |
| Polvo de marmol para tirol -(Tonelada) | 8.76 | 1,200.00 | \$10,516.03 |
| Primario anticorrosivo blanco o rojo óxido (Cubeta de 19 litros) | .05 | 971.55 | \$51.50 |
| Sellador altos solidos p/madera -(Litro) | 25.97 | 65.08 | \$1,689.91 |
| Sellador para calafateo en impermeabilizaciones -(Pieza) | 2.15 | 1,075.00 | \$2,314.04 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 1 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción - transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: soporte@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|-------|--------|---------------------|
| Sellador para recibir pasta -(Pieza) | 29.13 | 605.00 | \$17,625.09 |
| Sellador vinílico -(Cubeta de 19 litros) | 1.51 | 514.65 | \$775.94 |
| Sellador vinílico para vidrio-aluminio -(Pieza) | 17.94 | 38.07 | \$683.13 |
| Triplay de madera 16 mm hoja estandar -(Pieza) | 43.95 | 420.00 | \$18,460.20 |
| Triplay de madera de 3 mm -(Pieza) | 28.92 | 136.77 | \$3,955.18 |
| Triplay de pino de 19 mm -(Pieza) | .82 | 406.89 | \$332.76 |
| | | | \$527,476.11 |

Familia: ACEROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|-----------|---------------------|
| Alambre recocido -(kilogramo) | 768.61 | 25.46 | \$19,568.91 |
| Alambrón No. 2(1/4") -(Tonelada) | 1.28 | 10,000.00 | \$12,760.01 |
| Duela de tablero de acero negro -(Hoja) | 4.42 | 417.62 | \$1,844.85 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 18 -(Tramo de 6 metros) | 1.69 | 132.56 | \$223.99 |
| Perfil tubular para herrería Calibre 20 -(kilogramo) | 1.95 | 18.41 | \$35.95 |
| Perfil tubular Zintro ZM-300 Calibre 20 -(Tramo de 6 metros) | 3.38 | 167.75 | \$566.90 |
| Placa de acero estructural de 90 a 200 kg/m2 -(kilogramo) | 14.93 | 12.26 | \$183.06 |
| Varilla de acero corrugada 1 No. 8 -(Tonelada) | 2.94 | 8,500.00 | \$24,952.28 |
| Varilla de acero corrugada 1/2" No. 4 -(Tonelada) | 4.56 | 8,500.00 | \$38,774.08 |
| Varilla de acero corrugada 3/4 No. 6 -(Tonelada) | 3.48 | 8,500.00 | \$29,600.15 |
| Varilla de acero corrugada 3/8" No. 3 -(Tonelada) | 11.08 | 8,500.00 | \$94,170.19 |
| Varilla de acero corrugada 5/8 No. 5 -(Tonelada) | 2.82 | 8,500.00 | \$23,934.13 |
| | | | \$246,614.49 |

Familia: CIMBRAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|--------------------|
| Barrote 1 1/2 x 4 -(Pie tablón) | 363.86 | 13.83 | \$5,032.15 |
| Barrote de madera para cimbra -(Pie tablón) | 3,380.81 | 15.16 | \$51,253.02 |
| Polin de madera para cimbras -(Pieza) | 128.64 | 62.00 | \$7,975.95 |
| Tablon de madera -(Pie tablón) | 57.09 | 17.58 | \$1,003.64 |
| | | | \$65,264.76 |

Familia: CONCRETOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Adhesivo adherente para morteros -(Pieza) | 22.26 | 1,466.38 | \$32,641.08 |
| Aditivo para unión de concreto -(Cubeta de 19 litros) | 1.59 | 670.00 | \$1,066.40 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|----------|--------------|
| Concreto premezclado f c=200 kg/cm2 -(Metro cúbico) | 102.54 | 1,463.00 | \$150,009.01 |
| Concreto premezclado f c=250 kg/cm2 -(Metro cúbico) | 1.15 | 1,562.00 | \$1,793.19 |
| Membrana de curado -(Litro) | 107.12 | 31.48 | \$3,372.03 |
| Piso autonivelante -(Pieza) | 79.58 | 340.00 | \$27,057.87 |
| | | | \$215,939.58 |

Familia: GUARDA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Closet comercial 240 x 60 cm (Medio-Alto) -(Pieza) | 7.00 | 6,400.00 | \$44,800.00 |
| | | | \$44,800.00 |

Familia: ILUMINACION

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Arbotante incandescente -(Pieza) | 6.97 | .00 | \$.00 |
| Foco incandescente de 60 watts -(Pieza) | 62.77 | .00 | \$.00 |
| Lampara universal 75 watts -(Pieza) | 48.82 | .00 | \$.00 |
| Luminario 100 watts -(Pieza) | .36 | .00 | \$.00 |
| | | | \$.00 |

Familia: INSTALACION DE GAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Tubo de cobre tipo L de 13 mm (1/2") -(Metro) | 26.51 | 86.44 | \$2,291.11 |
| Tubo de cobre tipo L de 19 mm (3/4") -(Metro) | 53.01 | 135.02 | \$7,157.47 |
| Tuerca cónica corta para gas de 13mm -(Pieza) | 35.00 | 12.51 | \$437.85 |
| Tuerca cónica corta para gas de 19mm -(Pieza) | 35.00 | 33.72 | \$1,180.20 |
| Valvula de paso para gas flare a flare, 10 x 10 mm -(Pieza) | 4.00 | 64.00 | \$256.00 |
| | | | \$11,322.64 |

Familia: INSTALACION ELECTRICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Apagador (interruptor) de escalera 1 módulo -(Pieza) | 14.00 | 11.90 | \$166.60 |
| Apagador (interruptor) sencillo 1 módulo -(Pieza) | 56.00 | 9.14 | \$511.84 |
| Botón para timbre -(Pieza) | 7.00 | 10.20 | \$71.40 |
| Cable de cobre desnudo Calibre 2 -(Metro) | 521.89 | 33.54 | \$17,504.13 |
| Cable THW-LS cal. 12 -(Metro) | 723.06 | 5.56 | \$4,020.23 |
| Cable THW-LS cal. 14 -(Metro) | 723.06 | 4.12 | \$2,979.02 |
| caja cuadrada falvanizada para conexiones eléctricas -(Pieza) | 63.00 | 4.81 | \$303.03 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 3 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|--------|--------|-------------|
| Centro de carga 2 X 40 amp QO2 -(Pieza) | 7.00 | 167.36 | \$1,171.52 |
| Chalupa economica para conexiones -(Pieza) | 105.00 | 2.35 | \$246.75 |
| Cinta aislante para cable eléctrico -(Pieza) | 3.14 | 11.50 | \$36.09 |
| Cono plastico para señalización -(Pieza) | .13 | 147.90 | \$18.83 |
| Contacto (tomacorriente) con tierra, modulo -(Pieza) | 63.00 | 8.84 | \$556.92 |
| Contra y monitor de 19 mm (3/4) de PVC -(Juego) | 70.00 | 2.47 | \$172.90 |
| Contra y monitor de pvc 13mm -(Juego) | 334.00 | 1.57 | \$524.38 |
| Interruptor de cuchilla 2 X 30 amp -(Pieza) | 7.00 | 80.70 | \$564.90 |
| Interruptor termomagnetico 30 a 1 p 120/240 -(Pieza) | 14.00 | 64.47 | \$902.58 |
| Mufa de 13 mm seca -(Pieza) | 7.00 | 29.00 | \$203.00 |
| Poliducto de 13 mm -(Metro) | 495.38 | 3.89 | \$1,927.04 |
| Poliducto de 19 mm -(Metro) | 27.83 | 6.36 | \$177.00 |
| Timbre (zumbador) para 12 V, 1 módulo -(Pieza) | 7.00 | 31.02 | \$217.14 |
| Tubo plastico flexible conduit de 13 mm (1/2") -(Metro) | 162.21 | 3.47 | \$562.88 |
| | | | \$32,838.18 |

Familia: INSTALACION HIDRAULICA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Carrete de soldadura para cobre -(Pieza) | 10.89 | 135.80 | \$1,478.18 |
| Cinta teflón -(Metro) | 86.02 | .34 | \$29.25 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 13mm -(Pieza) | 7.00 | 27.71 | \$193.97 |
| Codo 90º cobre a rosca interior de 25mm -(Pieza) | 14.80 | 138.38 | \$2,047.55 |
| Codo cobre 90º de 13mm (1/2) -(Pieza) | 139.00 | 5.19 | \$721.41 |
| Codo cobre 90º de 19mm (3/4) -(Pieza) | 52.00 | 11.64 | \$605.28 |
| Codo cobre 90º de 25mm (1) -(Pieza) | 14.80 | 27.13 | \$401.43 |
| Cople de cobre s/ranura de 13mm -(Pieza) | 9.00 | 3.88 | \$34.92 |
| Cople de cobre s/ranura de 19mm -(Pieza) | 9.00 | 8.62 | \$77.58 |
| Globo 100 lbs roscable 25mm -(Pieza) | 14.80 | 189.63 | \$2,805.87 |
| Lubricante para PVC, 0.500 kg -(Pieza) | 3.51 | 65.00 | \$228.46 |
| Manguera flexible 13 X 400 mm para lavabo -(Pieza) | 48.00 | 44.59 | \$2,140.32 |
| Medidor de agua domiciliario 25 mm (1) -(Pieza) | 14.80 | 1,711.93 | \$25,330.65 |
| Pasta fundente -(Pieza) | 2.13 | 34.30 | \$72.91 |
| Reduccion bush cobre 25x13mm -(Pieza) | 14.80 | 17.23 | \$254.94 |
| Reduccion bush cobre 25x19mm -(Pieza) | 14.80 | 17.23 | \$254.94 |
| Tapon capa cobre 13mm -(Pieza) | 246.00 | 5.32 | \$1,308.72 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 4 de 10

Derechos reservados BIMSA REPORTS 2009 Prohibida su reproducción - transmisión

BIMSA REPORTS, S.A de C.V. Melchor Ocampo 193 Piso 15 (Torre Privanza), Col. Veronica Anzures, Del. Miguel Hidalgo, México D.F.
C.P. 11300 tel. (01 55) 25 81 21 60 Fax: 25 81 21 67 <http://www.bimsareports.com> Soporte Técnico: soporte@bimsareports.com



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|-------|--------|---------------------|
| Tee cobre reducción int. 19x19x13mm -(Pieza) | 14.80 | 23.46 | \$347.13 |
| Tee cobre reducción int.19x19x25mm -(Pieza) | 15.00 | 80.65 | \$1,209.75 |
| Tee cobre reducción inter. 13x13x19mm -(Pieza) | 7.00 | 26.13 | \$182.91 |
| Tee de cobre de 13mm (1/2) -(Pieza) | 38.00 | 7.99 | \$303.62 |
| Tubo de cobre tipo M de 13 mm (1/2") -(Tramo) | 56.45 | 373.74 | \$21,097.32 |
| Tubo de cobre tipo M de 19 mm (3/4") -(Tramo) | 15.40 | 597.63 | \$9,206.48 |
| Tubo de cobre tipo M de 25 mm (1") -(Tramo) | 16.20 | 864.20 | \$14,004.28 |
| Tuerca union cobre 19mm (3/4) -(Pieza) | 4.42 | 53.72 | \$237.31 |
| Valv.globo p/gas roscado 19mm -(Pieza) | 4.00 | 256.24 | \$1,024.96 |
| Valvula de bola urea 200lbs 13m -(Pieza) | 66.00 | 357.35 | \$23,585.10 |
| Valvula de compuerta roscable 25mm -(Pieza) | 14.80 | 107.95 | \$1,597.29 |
| Valvula de flotador std 13mm -(Pieza) | 13.00 | 369.53 | \$4,803.89 |
| Valvula de purga aire 19 mm de cobre p/agua -(Pieza) | 15.00 | 107.77 | \$1,616.55 |
| Valvula globo p/gas roscado 13mm -(Pieza) | 4.00 | 256.24 | \$1,024.96 |
| Válvula inserción 19 mm (3/4) fac. -(Pieza) | 15.00 | 82.71 | \$1,240.65 |
| | | | \$119,468.59 |

Familia: INSTALACION SANITARIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Codo PVC-Sa sanitario anger 87° c/salida de 50 mm -(Pieza) | 3.00 | 35.00 | \$105.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger 90° c/bajada 0.8 m x 40 mm -(Pieza) | 10.00 | 31.75 | \$317.50 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 100 mm -(Pieza) | 8.00 | 23.50 | \$188.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x 50 mm -(Pieza) | 23.00 | 9.30 | \$213.90 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 45° x40 mm -(Pieza) | 8.00 | 5.50 | \$44.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 100 mm -(Pieza) | 68.00 | 16.50 | \$1,122.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x 50 mm -(Pieza) | 45.00 | 4.80 | \$216.00 |
| Codo PVC-Sa sanitario anger de 87° x40 mm -(Pieza) | 15.00 | 4.30 | \$64.50 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 100 mm -(Pieza) | 27.00 | 21.80 | \$588.60 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 40 mm -(Pieza) | 8.00 | 8.90 | \$71.20 |
| Cople dilatacion PVC-Sa sanitario anger de 50 mm -(Pieza) | 23.00 | 11.00 | \$253.00 |
| Te doble PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 8.00 | 28.00 | \$224.00 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 100 x 50 mm -(Pieza) | 8.00 | 23.80 | \$190.40 |
| Te sencilla PVC-Sa sanitario anger de 50 x 50 mm -(Pieza) | 23.00 | 11.00 | \$253.00 |
| Tubo de albañal de 10 cm (4") -(Pieza) | 59.15 | 34.48 | \$2,039.52 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 100 mm -(Tramo de 6 metros) | 20.87 | 204.60 | \$4,270.59 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 5 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|------|-------|-------------|
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 40 mm -(Tramo de 6 metros) | 1.62 | 69.40 | \$112.67 |
| Tubo PVC-Sa sanitario anger extremos lisos de 50 mm -(Tramo de 6 metros) | 4.87 | 81.90 | \$398.88 |
| Ye sencilla PVC-Sa sanitario anger de 40 x 40 mm -(Pieza) | 4.00 | 12.90 | \$51.60 |
| | | | \$10,724.36 |

Familia: INSTALACIONES ESPECIALES

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--------------------------------------|----------|--------|-------------------|
| Boquilla universal de flama -(Pieza) | .85 | 111.81 | \$95.11 |
| | | | \$95.11 |

Familia: MANO DE OBRA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Fusible cilíndrico accion rapida F 8.5 x 31.5 x 20A 400 -(Pieza) | 14.00 | 24.27 | \$339.78 |
| | | | \$339.78 |

Familia: MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTA (CH Y RENTA)

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|-----------|-------------------|
| 2 Llantas R-8.5/75 -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Bombeo de concreto premezclado -(Metro cúbico) | 57.85 | 400.00 | \$23,139.20 |
| Hamaca con plataforma metálica y madera -(Pieza) | 1.96 | 20,000.00 | \$39,224.77 |
| Llantas para camión -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para camión volteo -(Juego) | .03 | .00 | \$.00 |
| Llantas para cargador frontal -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para motoconformadora -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Llantas para soldadora -(Juego) | .00 | .00 | \$.00 |
| Pistola para aplicación de pintura por aspersión -(Pieza) | 17.25 | 68.00 | \$1,173.02 |
| | | | \$63,536.99 |

Familia: MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|----------|-------------------|
| Aceite para motor a diesel -(Litro) | 50.30 | 36.50 | \$1,835.93 |
| Aceite para motor a gasolina -(Litro) | 3.74 | 36.50 | \$136.34 |
| Acetileno -(kilogramo) | .06 | 183.42 | \$11.02 |
| Agua -(Metro cúbico) | 141.36 | 100.00 | \$14,136.10 |
| Arena de mina (por cami?n 6m3) -(Metro cúbico) | 91.17 | 136.49 | \$12,443.15 |
| Cal Hidratada -(Tonelada) | 2.00 | 1,224.14 | \$2,446.45 |
| Cemento blanco -(Tonelada) | 1.58 | 3,318.96 | \$5,250.28 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 6 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|---|----------|----------|--------------|
| Cemento CPC 30 R (cemento portland compuesto) -(Tonelada) | 40.57 | 1,637.93 | \$66,450.67 |
| Diesel -(Litro) | 2,610.77 | 7.58 | \$19,789.61 |
| Electricidad trifásica temporal en obra -(Kilowatt por hora) | 59.28 | 3.85 | \$228.24 |
| Empaque respaldo para fachada integral de aluminio -(kilogramo) | 6.99 | 54.13 | \$378.16 |
| Eslinga de 45 cm -(Metro) | .11 | 153.99 | \$17.01 |
| Estopa blanca -(kilogramo) | .62 | 34.00 | \$20.95 |
| Gas butano Kg. -(kilogramo) | 159.51 | 3.44 | \$548.70 |
| Gas butano LP 450 grs. (bote) -(Pieza) | 18.55 | 19.14 | \$355.07 |
| Gasolina blanca -(Litro) | .02 | 12.41 | \$.22 |
| Gasolina Magna -(Litro) | 186.93 | 7.27 | \$1,359.02 |
| Grava -(Metro cúbico) | 34.44 | 136.49 | \$4,701.39 |
| Hilo plastico -(Metro) | 537.57 | 1.10 | \$591.32 |
| Lija de esmeril -(Metro) | 17.81 | 4.91 | \$87.46 |
| Lija para agua -(Pieza) | 56.80 | 8.00 | \$454.42 |
| Lija para madera -(Hoja) | 99.69 | 5.30 | \$528.36 |
| Mortero preparado en saco -(Tonelada) | 2.64 | 1,224.13 | \$3,236.15 |
| Oxígeno industrial -(Metro cúbico) | .35 | 56.20 | \$19.52 |
| Segueta -(Pieza) | 17.25 | 7.25 | \$125.09 |
| Segueta de 7 cm recta -(Pieza) | .13 | 8.50 | \$1.08 |
| Soldadura serie E-6010 -(kilogramo) | .18 | 46.37 | \$8.19 |
| Soldadura serie E-7018 -(kilogramo) | 1.88 | 47.32 | \$88.90 |
| Tepetate amarillo -(Metro cúbico) | 45.56 | 122.13 | \$5,563.74 |
| Tezontle -(Metro cúbico) | 13.50 | 136.49 | \$1,842.16 |
| Thiner estandard -(Litro) | 44.96 | 16.37 | \$735.97 |
| Yeso amarrado -(Tonelada) | 7.97 | 905.17 | \$7,218.30 |
| | | | \$150,608.99 |

Familia: MOBILIARIO FIJO Y ACCESORIOS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---------------------------------------|----------|-----------|-------------------|
| Asiento para inodoro (Media) -(Pieza) | 9.00 | 360.00 | \$3,240.00 |
| Brazo y chapetón (Media) -(Juego) | 4.00 | 210.00 | \$840.00 |
| Calentador automatico 38 lt -(Pieza) | 4.00 | 2,117.00 | \$8,468.00 |
| Cocina integral (Media) -(Pieza) | 13.00 | 10,956.50 | \$142,434.50 |
| Coladera para azotea -(Pieza) | 27.00 | 656.00 | \$17,712.00 |
| Ensamble para lavabo -(Pieza) | 9.00 | 182.00 | \$1,638.00 |

lunes, 08 de octubre de 2012

Página 7 de 10



Reporte de Proyectos con Materiales

| | | | |
|--|-------|----------|--------------|
| Inodoro (Media) -(Pieza) | 9.00 | 2,000.52 | \$18,004.68 |
| Juego de Manerales (Media) -(jgo) | 4.00 | 320.00 | \$1,280.00 |
| Junta de cera Prohel para w.c. -(Pieza) | 9.00 | 8.40 | \$75.60 |
| Lavabo Ovalyn (Media) -(Pieza) | 9.00 | 765.00 | \$6,885.00 |
| Llave cuello de ganzo -(Pieza) | 23.00 | 1,401.00 | \$32,223.00 |
| Llave de paso de 19 mm -(Pieza) | 60.00 | 186.17 | \$11,170.20 |
| Llave manguera 13 mm (1/2) bronce -(Pieza) | 15.00 | 34.37 | \$515.55 |
| Mezcladora (Media) -(Pieza) | 9.00 | 1,290.00 | \$11,610.00 |
| Portarollos papel (Media) -(Pieza) | 9.00 | 379.00 | \$3,411.00 |
| Regadera (Media) -(Pieza) | 4.00 | 364.00 | \$1,456.00 |
| Tarja de acero inoxidable (Económica) -(Pieza) | 4.00 | 825.00 | \$3,300.00 |
| Tinaco 1100 lt -(Pieza) | 4.00 | 1,464.48 | \$5,857.92 |
| | | | \$270,121.45 |

Familia: MUROS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Tabique rojo recocido 5.0x11.5x23 cm. -(Millar) | 72.32 | 1,482.75 | \$107,237.36 |
| | | | \$107,237.36 |

Familia: PUERTAS Y VENTANAS

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|----------|-------------------|
| Angulo de acero estructural ligero -(kilogramo) | 240.93 | 12.60 | \$3,035.75 |
| Bisagra para puerta -(Pieza) | 106.02 | 14.50 | \$1,537.30 |
| Bisagra para suelo -(Pieza) | 13.00 | 5.90 | \$76.70 |
| Candado gris metalico h.c. no.2 -(Pieza) | 7.00 | 47.46 | \$332.22 |
| Cerradura de entrada -(Pieza) | 4.00 | 324.29 | \$1,297.16 |
| Cerradura para intercomunicación -(Pieza) | 31.00 | 174.75 | \$5,417.25 |
| Cristal flotado 4 mm -(Metro cuadrado) | 131.59 | 239.93 | \$31,572.31 |
| Junquillo fijo de aluminio 2" -(Pieza) | 88.25 | 79.88 | \$7,049.32 |
| Moldura unión mullón fijas de aluminio -(Pieza) | 7.84 | 126.14 | \$989.47 |
| Perfil bolsa fija de aluminio -(Pieza) | 15.69 | 245.15 | \$3,845.44 |
| Perfil fijo escalonado de aluminio 2" -(Pieza) | 88.25 | 206.51 | \$18,224.26 |
| Puerta interior (Económica) -(Pieza) | 4.00 | 1,021.62 | \$4,086.48 |
| Puerta prefabricada interior -(Pieza) | 31.00 | 694.00 | \$21,514.00 |
| Vinil cuña -(Metro) | 55.89 | 1.31 | \$73.22 |



Reporte de Proyectos con Materiales

\$99,050.88

Familia: SOPORTERIA

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|--|----------|--------|-------------------|
| Abrazadera de inserción de 152 mm (6") -(Pieza) | 15.00 | 149.00 | \$2,235.00 |
| Abrazadera Omega de 4" -(Pieza) | 53.00 | 27.84 | \$1,475.52 |
| Clavo de acero galvanizado con cabeza -(kilogramo) | 271.52 | 15.00 | \$4,072.76 |
| Pija galvanizada -(Pieza) | 619.00 | .42 | \$259.98 |
| Pija para aluminio -(Pieza) | 35.00 | .21 | \$7.35 |
| Pijas para w.c. -(Juego) | 8.84 | 3.28 | \$28.98 |
| Roldana plana de 1/4 -(Pieza) | 106.00 | .20 | \$21.20 |
| Taquete autopercorante barrenancia 1/4 -(Pieza) | 18.00 | 12.49 | \$224.82 |
| Taquete de plastico 1/4 -(Pieza) | 725.00 | .35 | \$253.75 |
| Tornillo #10 50long x 4.8 mm para madera -(Pieza) | 323.00 | .39 | \$125.97 |
| Tornillo de 1/4 x 2 -(Pieza) | 106.00 | .48 | \$50.88 |
| | | | \$8,756.21 |

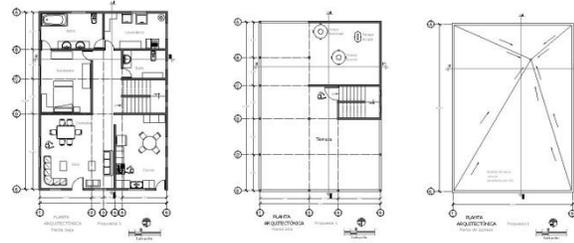
Familia: URBANIZACION

| Material | Unidades | Precio | Inversion Directa |
|---|----------|--------|-------------------|
| Cinta plástica para señalización -(Metro) | .19 | .46 | \$.09 |
| | | | \$.09 |



Reporte de Proyectos con Materiales

| | |
|-------------------------|----------------|
| Total inversión directa | \$1,974,195.56 |
|-------------------------|----------------|



PLANOS PROPUESTA 1

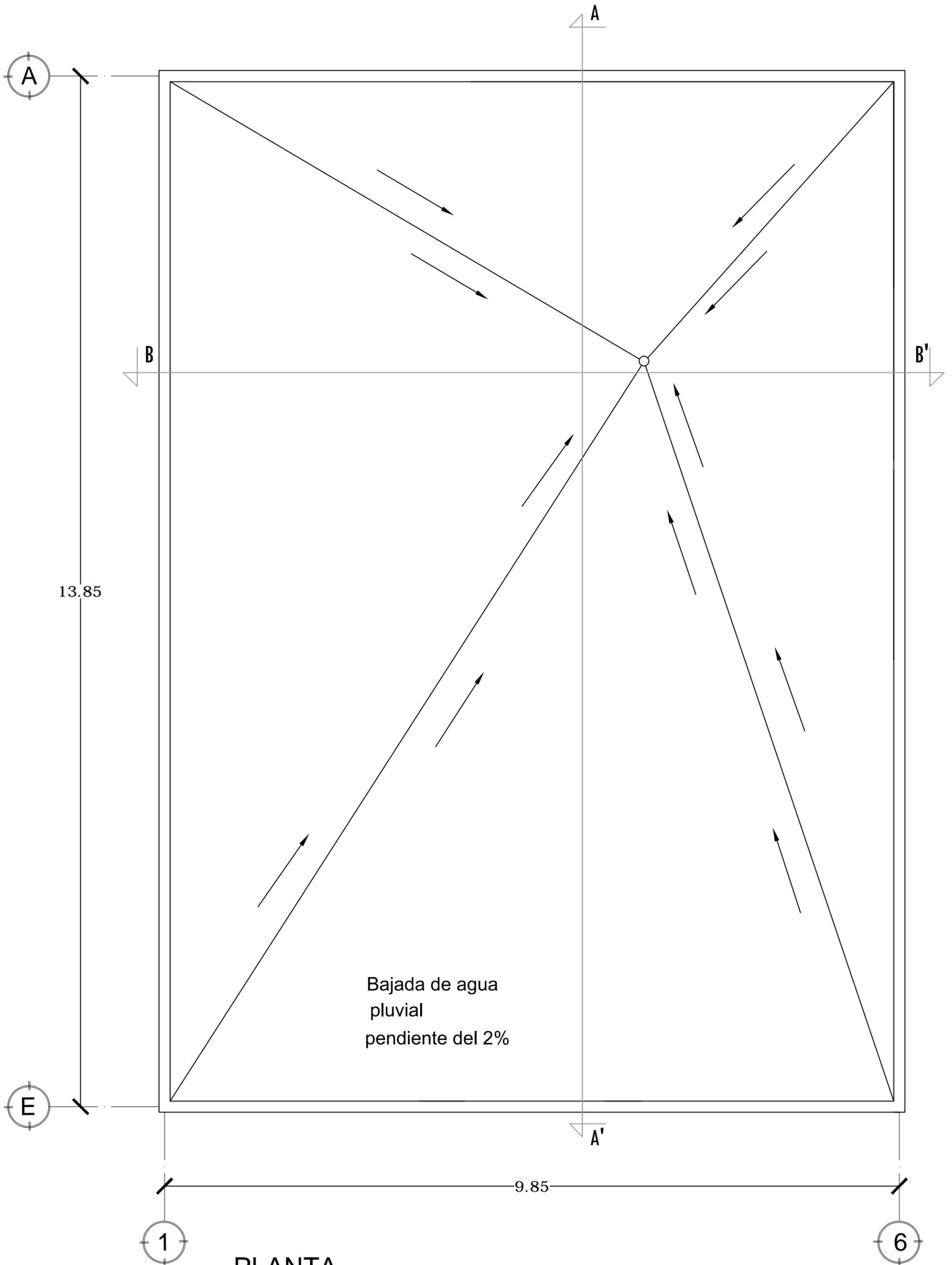
- Planta arquitectónica
 - Planta de Azoteas
 - Planta Alta
 - Planta Baja

- Fachadas
 - Fachada Norte
 - Fachada Sur
 - Fachada Este
 - Fachada Oeste

- Cortes
 - Corte A-A'
 - Corte B-B'

- Recorrido de Tubería de Cobre para Agua Pluvial
 - Planta Arquitectónica – Planta Baja

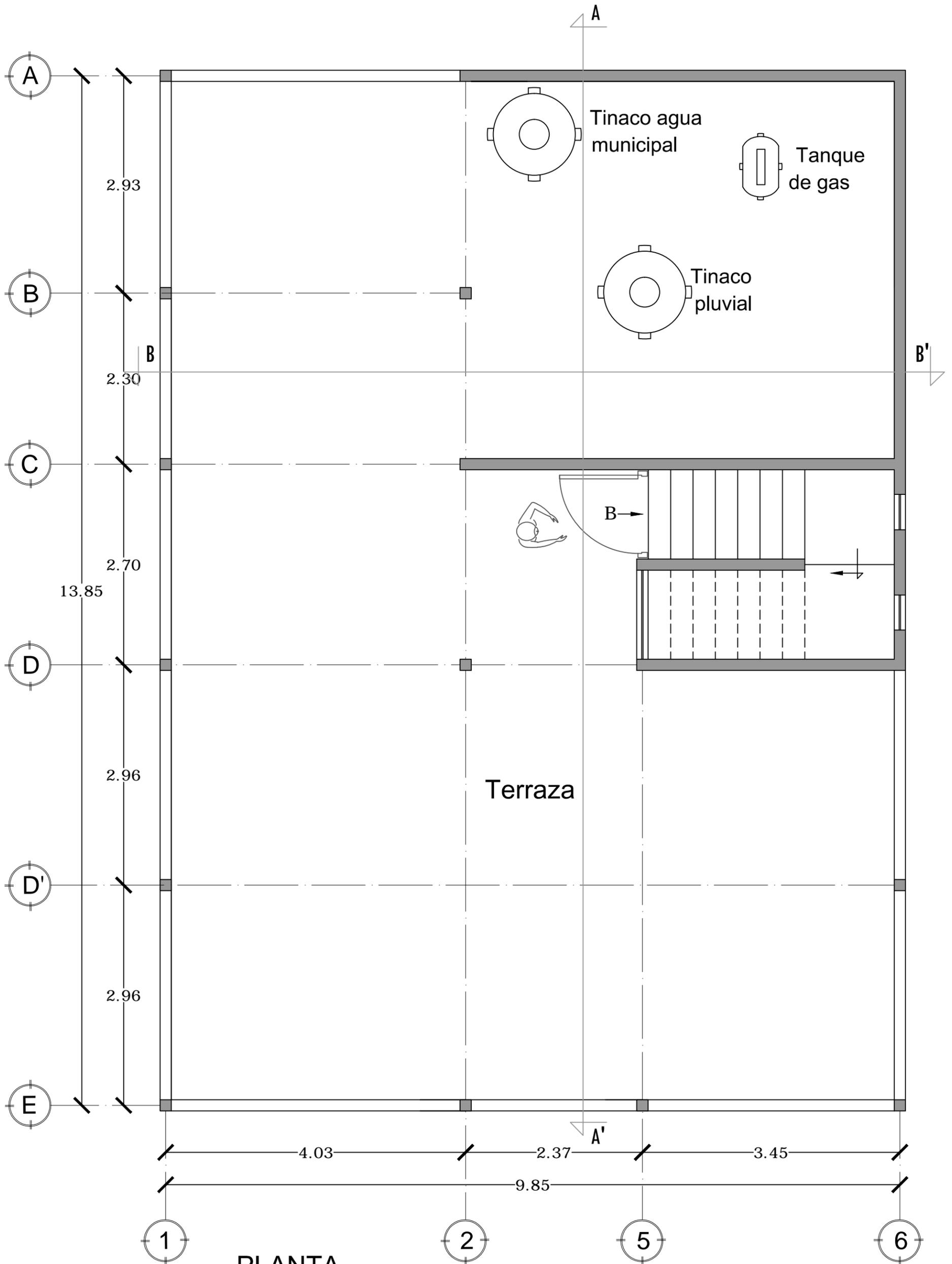
- Detalles de Instalación de Cobre para Agua Pluvial
 - Detalle 1 (D1)
 - Detalle 2 (D2)
 - Detalle 3 (D3)
 - Detalle 4 y 5 en Corte B-B'



PLANTA
ARQUITECTÓNICA
Planta de azoteas

Propuesta 1

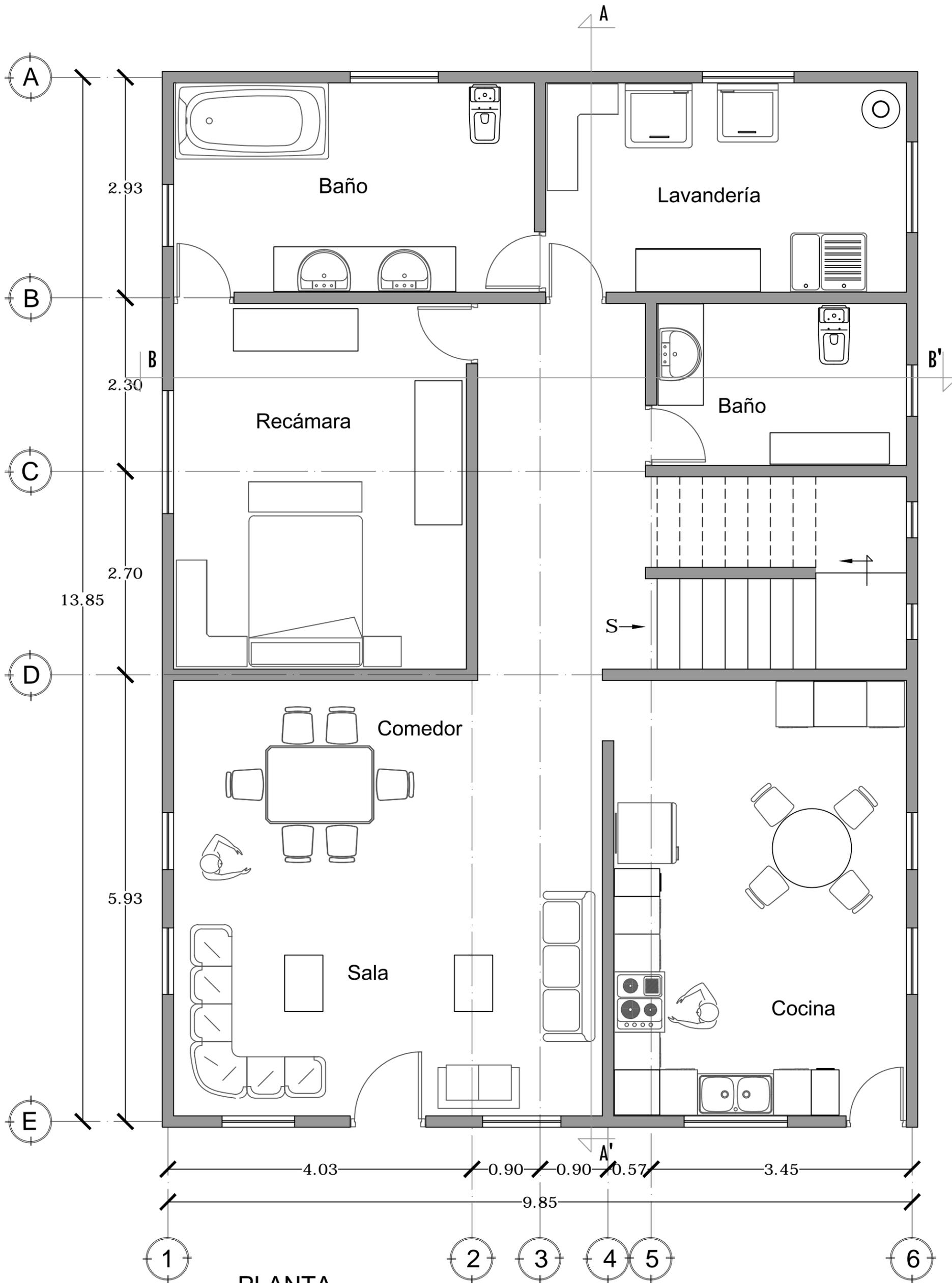




PLANTA
ARQUITECTÓNICA
Planta alta

Propuesta 1



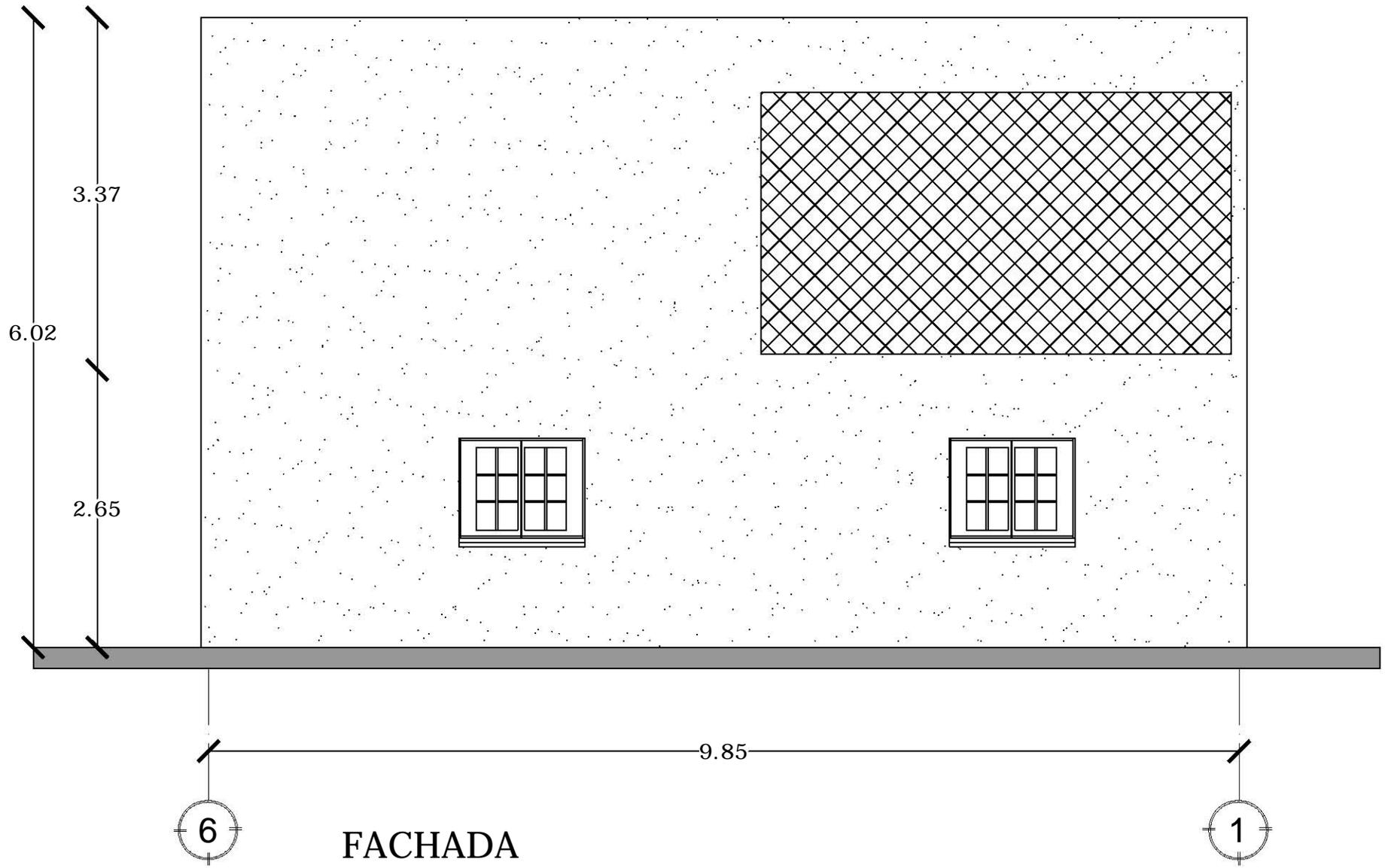


PLANTA
ARQUITECTÓNICA
Planta baja

Propuesta 1



Escala gráfica



6

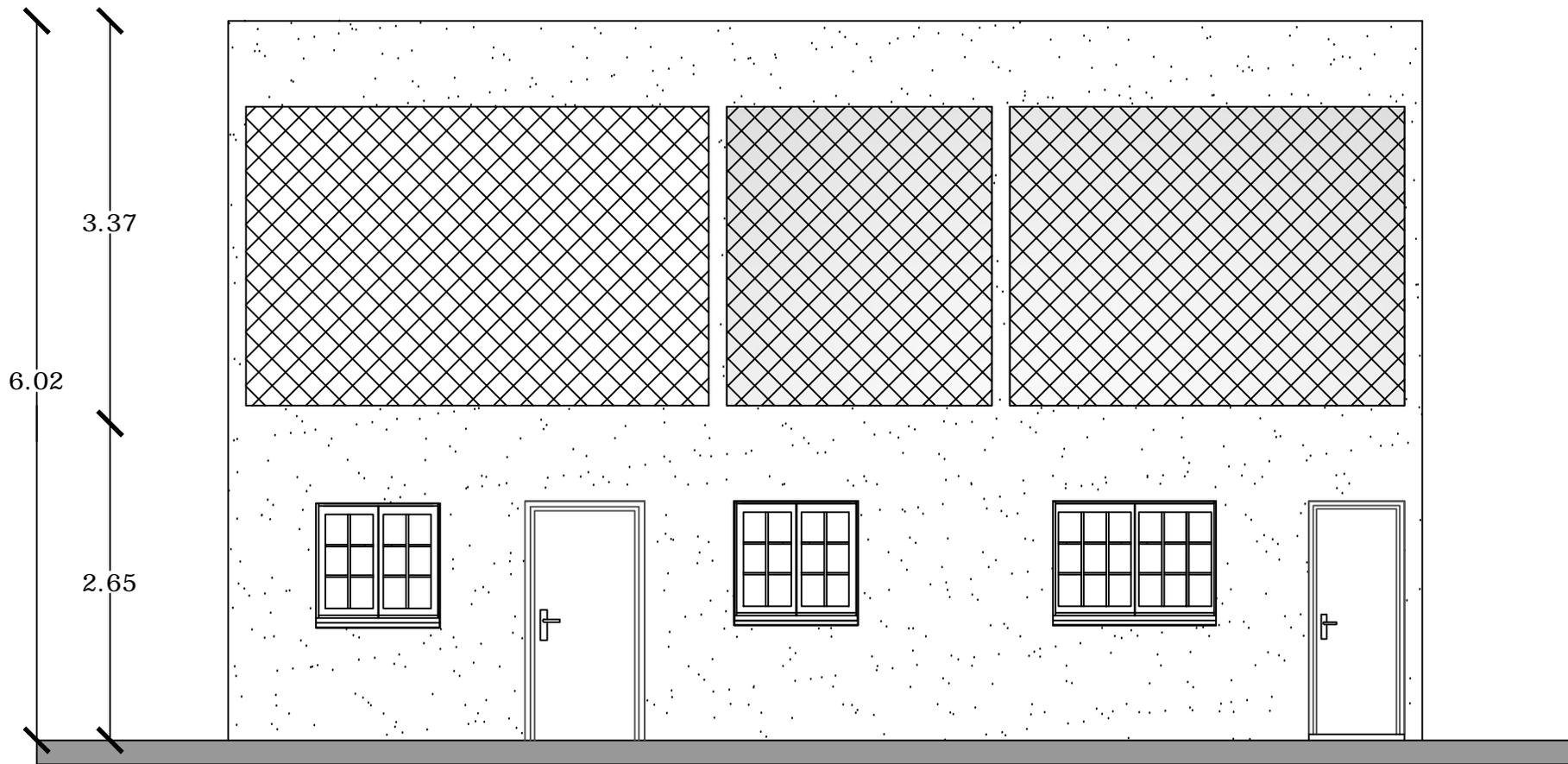
FACHADA
NORTE

Propuesta 1

1



Escala gráfica



1

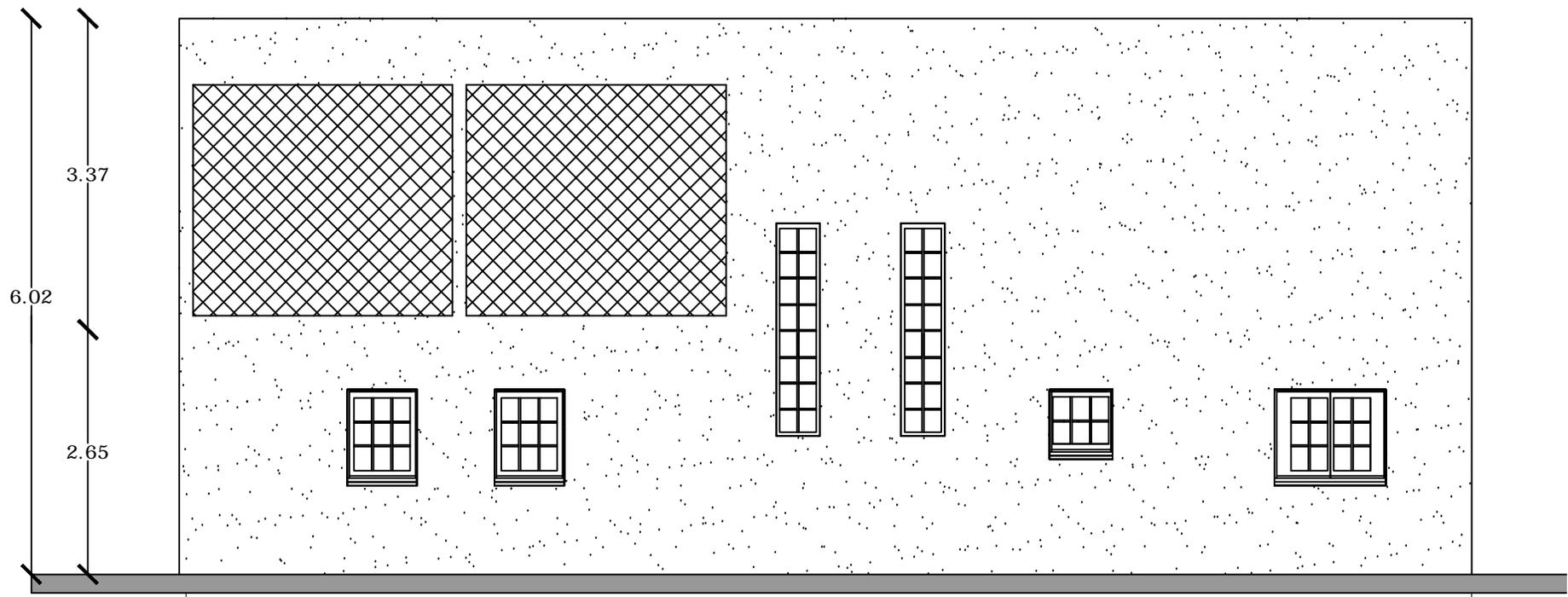
FACHADA
SUR

Propuesta 1

6



Escala gráfica



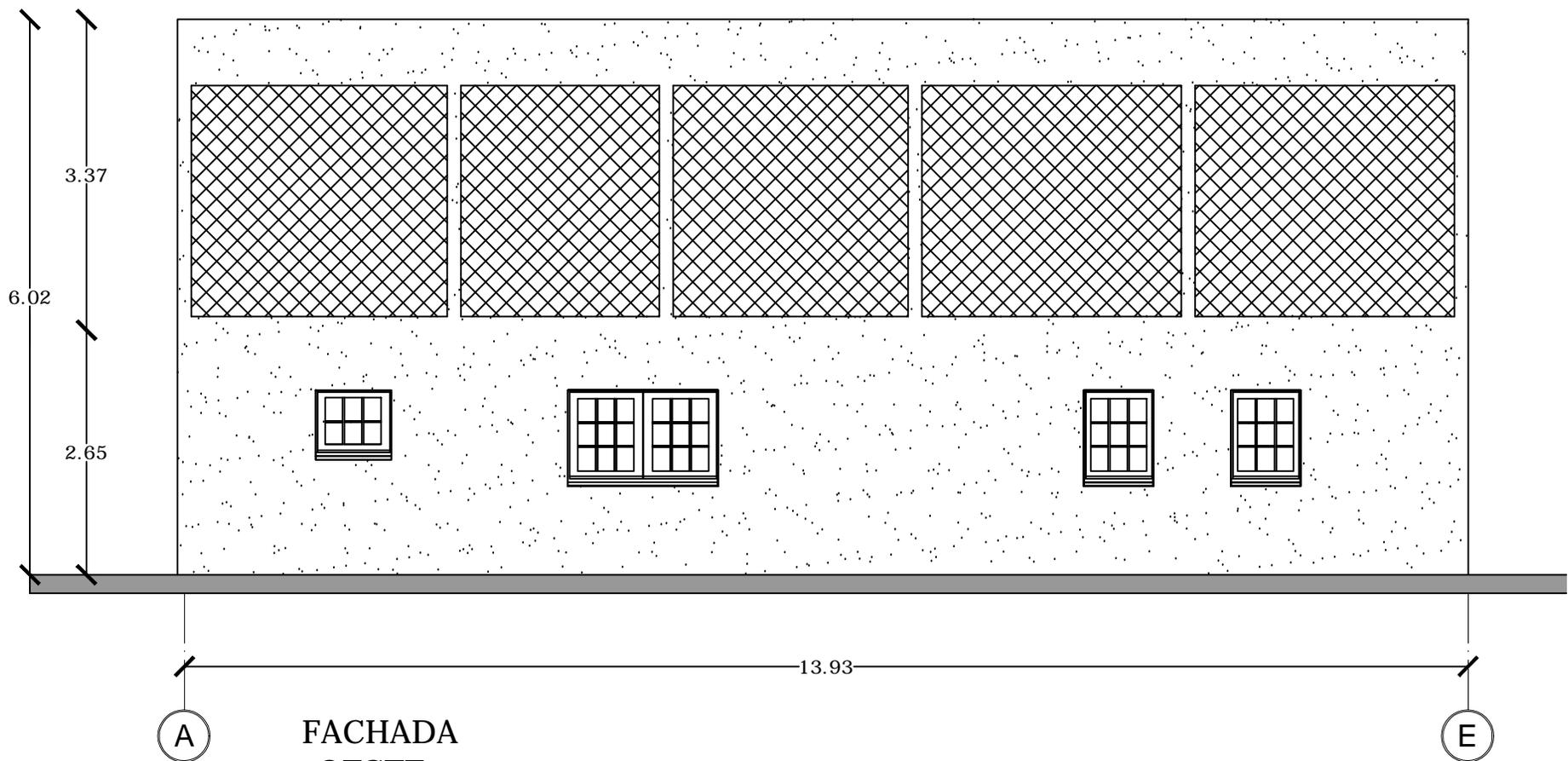
E

FACHADA
ESTE

Propuesta 1

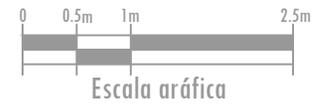
A

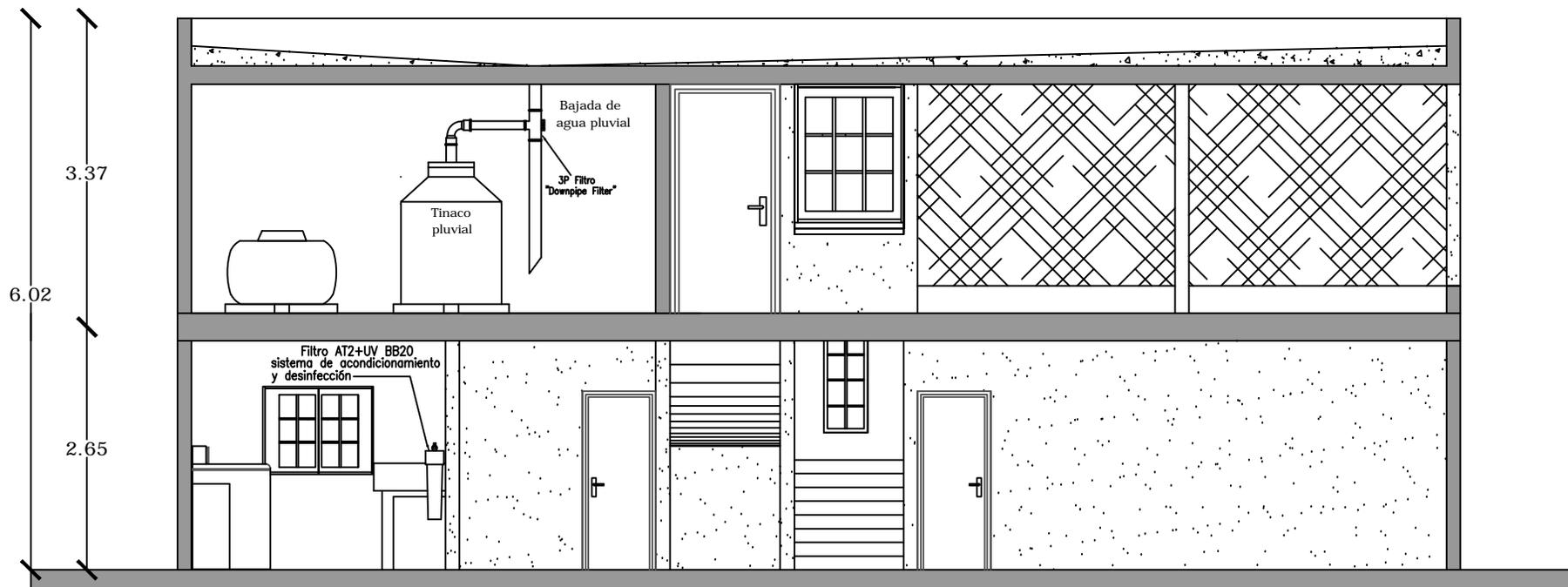




FACHADA
OESTE

Propuesta 1





3.37

6.02

2.65

13.93

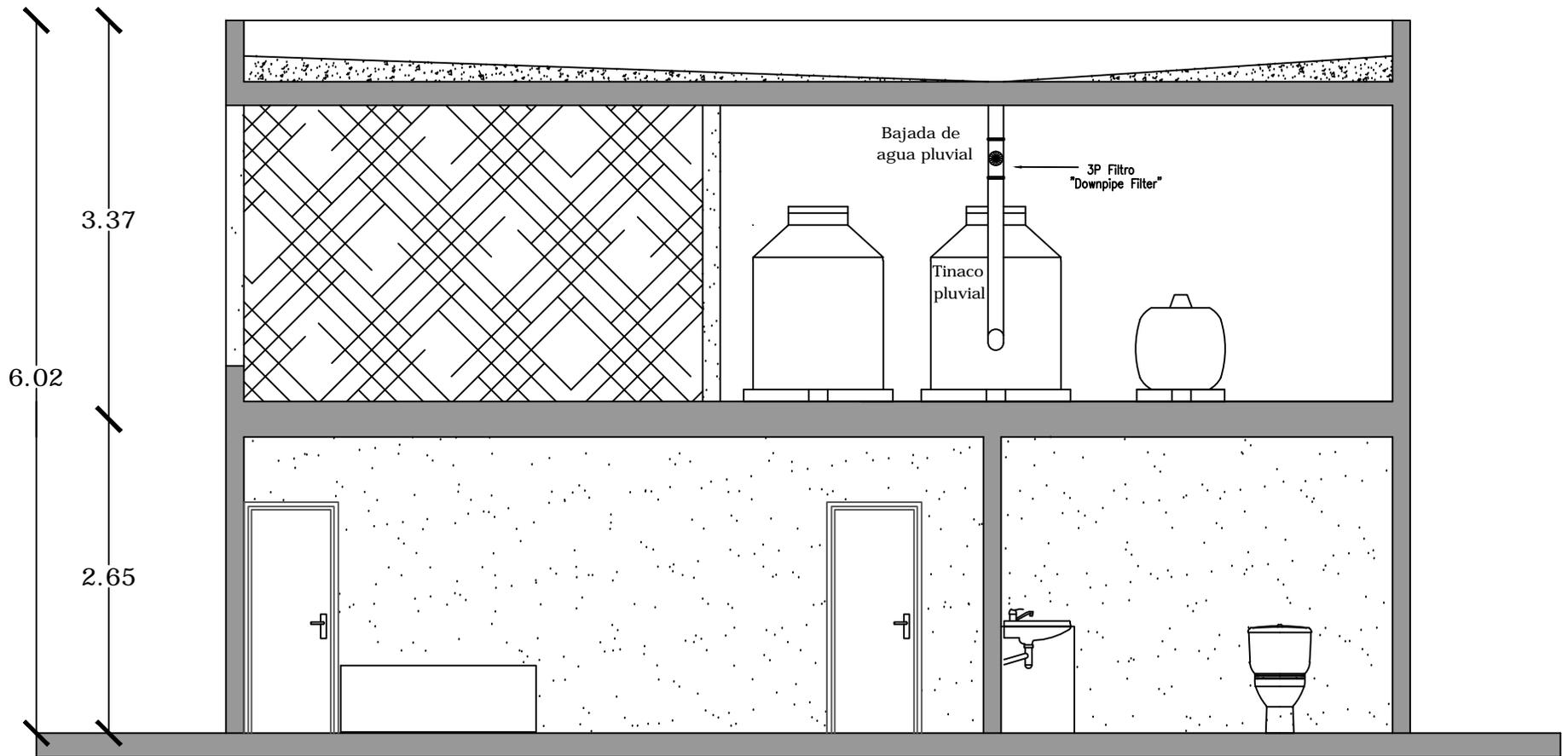
A

CORTE
A - A'

Propuesta 1



E



1

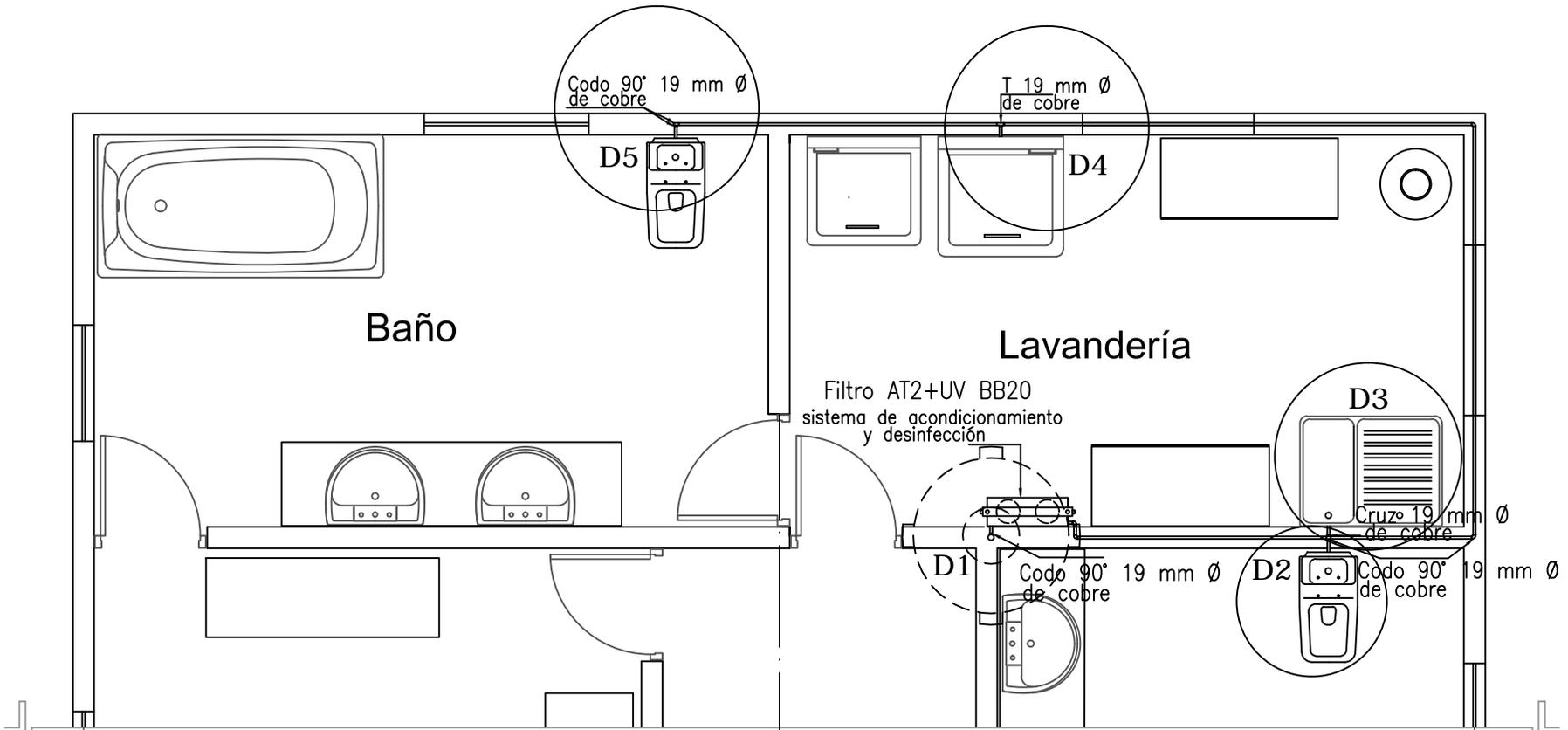
CORTE
B - B'

Propuesta 1



Escala gráfica

6



Baño

Lavandería

Filtro AT2+UV BB20
sistema de acondicionamiento
y desinfección

Codo 90° 19 mm Ø
de cobre

T 19 mm Ø
de cobre

D5

D4

D3

D1

D2

Codo 90° 19 mm Ø
de cobre

Cruzo 19 mm Ø
de cobre

Codo 90° 19 mm Ø

4.93

4.93

9.85

1

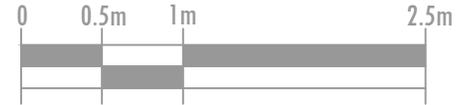
3

6

PLANTA
ARQUITECTÓNICA

Recorrido de tubería de
cobre para agua pluvial

Propuesta 1



Escala gráfica

Detalle de instalación de cobre para agua pluvial sobre muro

D1



Tubería de cobre 18 mm Ø

Filtro AT2+UV BB20
sistema de acondicionamiento y desinfección



Codo 90° 19 mm Ø de cobre

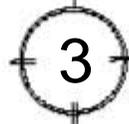


TRABE

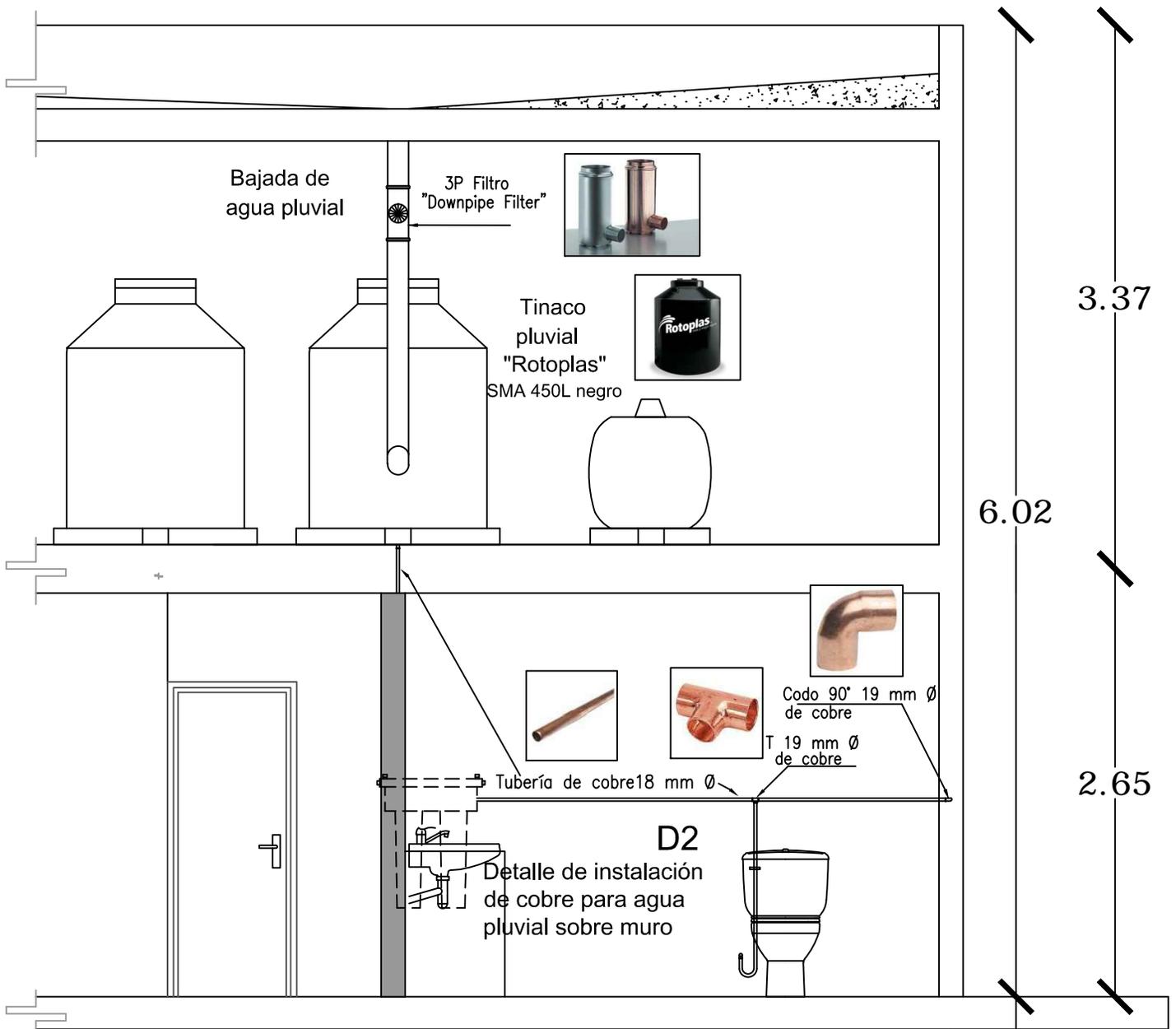
LOSA

DISTRIBUCION DE ESTRIBOS
S=19cm

Detalle 1



Escala gráfica



Bajada de agua pluvial

3P Filtro "Downpipe Filter"

Tinaco pluvial "Rotoplas" SMA 450L negro

D2
Detalle de instalación de cobre para agua pluvial sobre muro

Tubería de cobre 18 mm Ø

Codo 90° 19 mm Ø de cobre
T 19 mm Ø de cobre

3.37

6.02

2.65

1.47

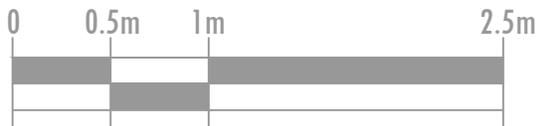
3.45

4.93

3

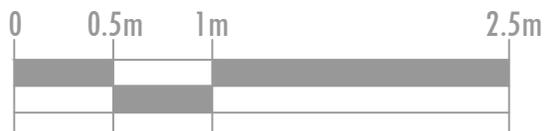
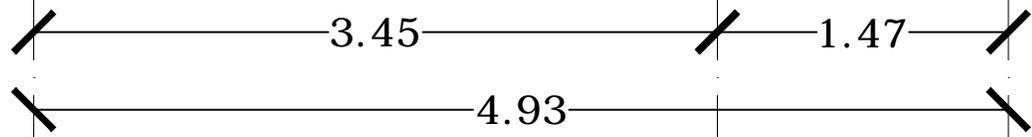
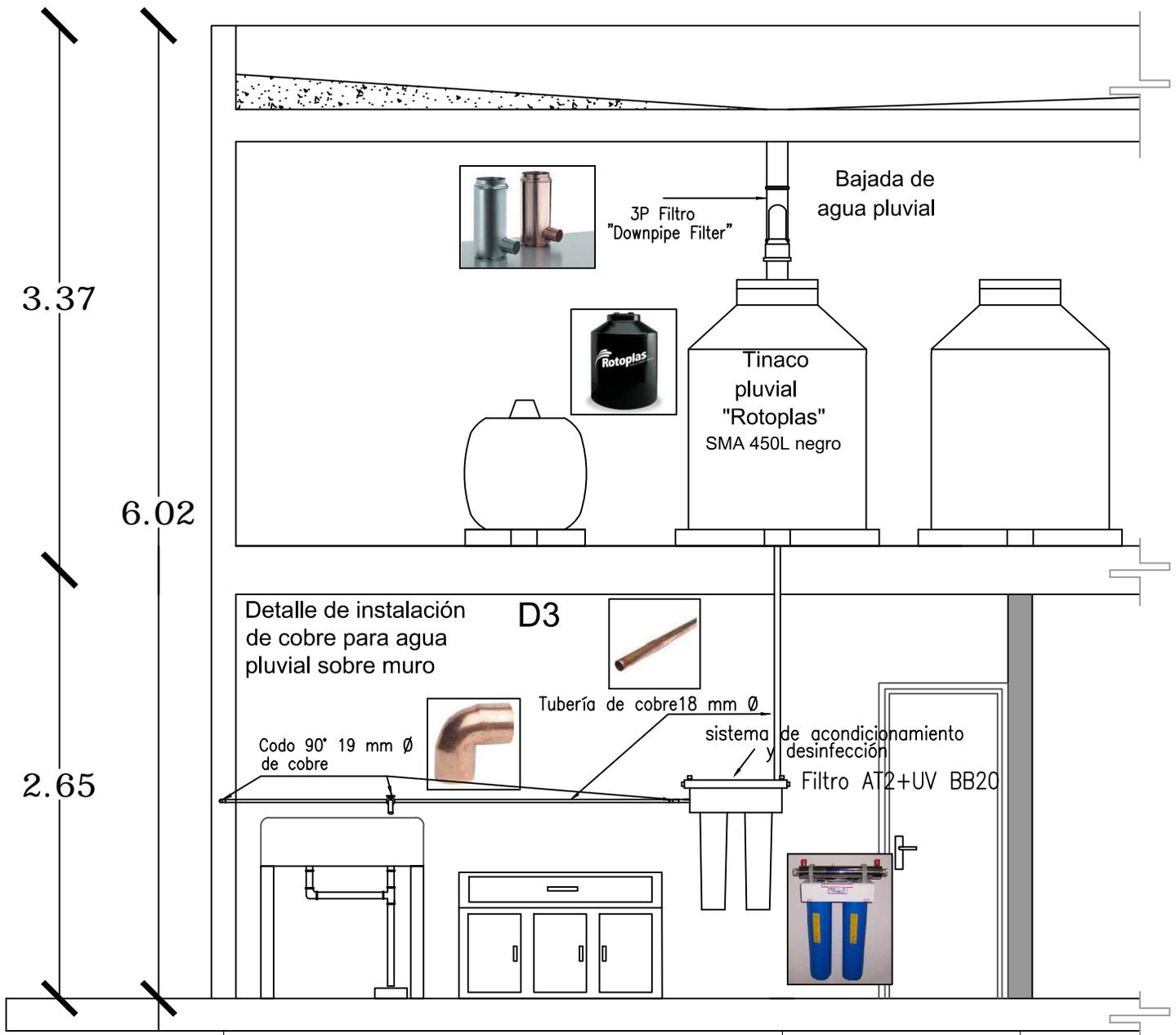
5

6



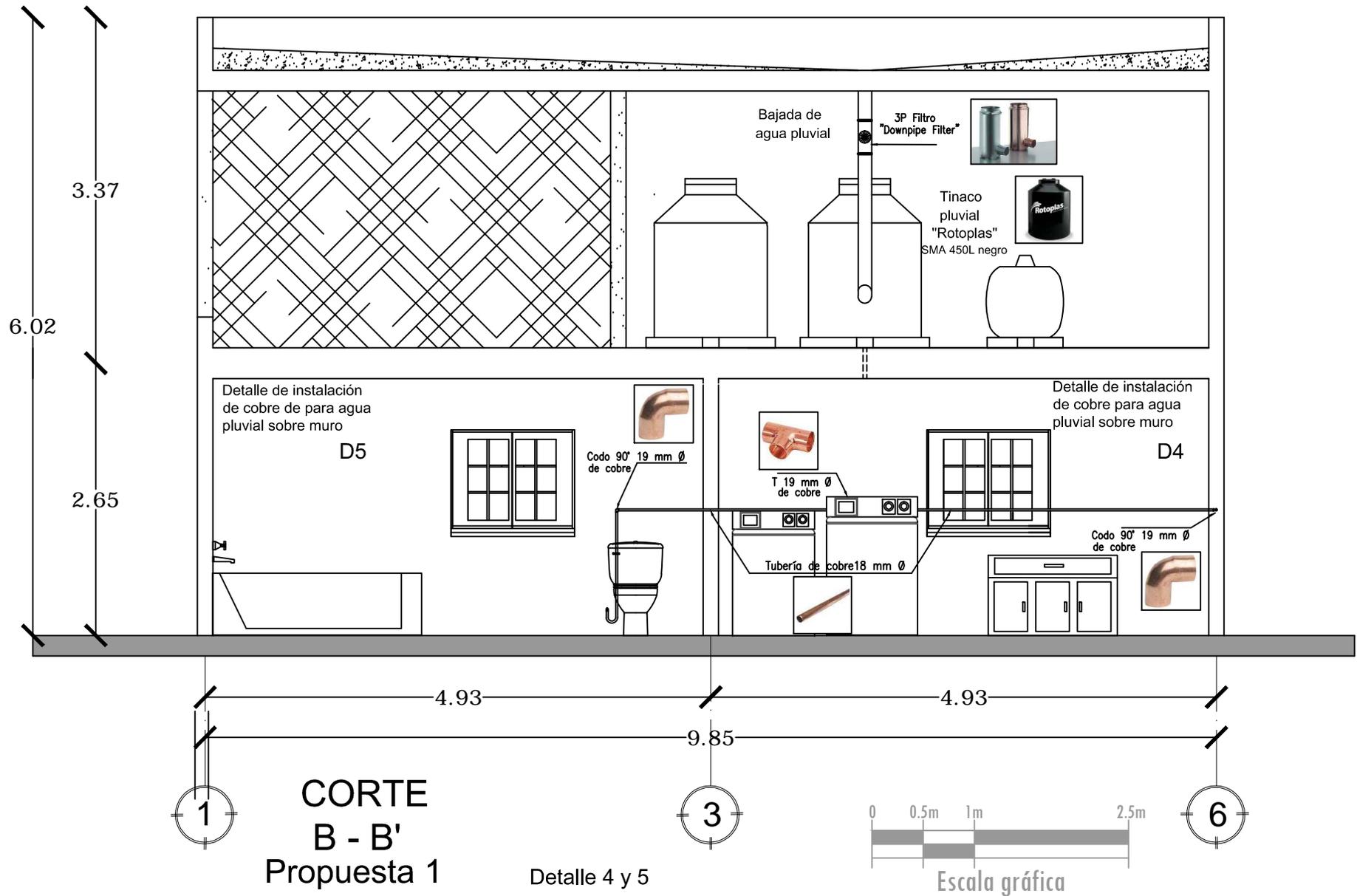
Detalle 2

Escala gráfica

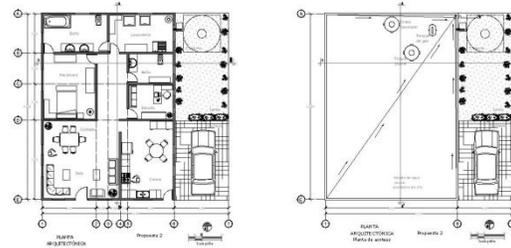


Escala gráfica

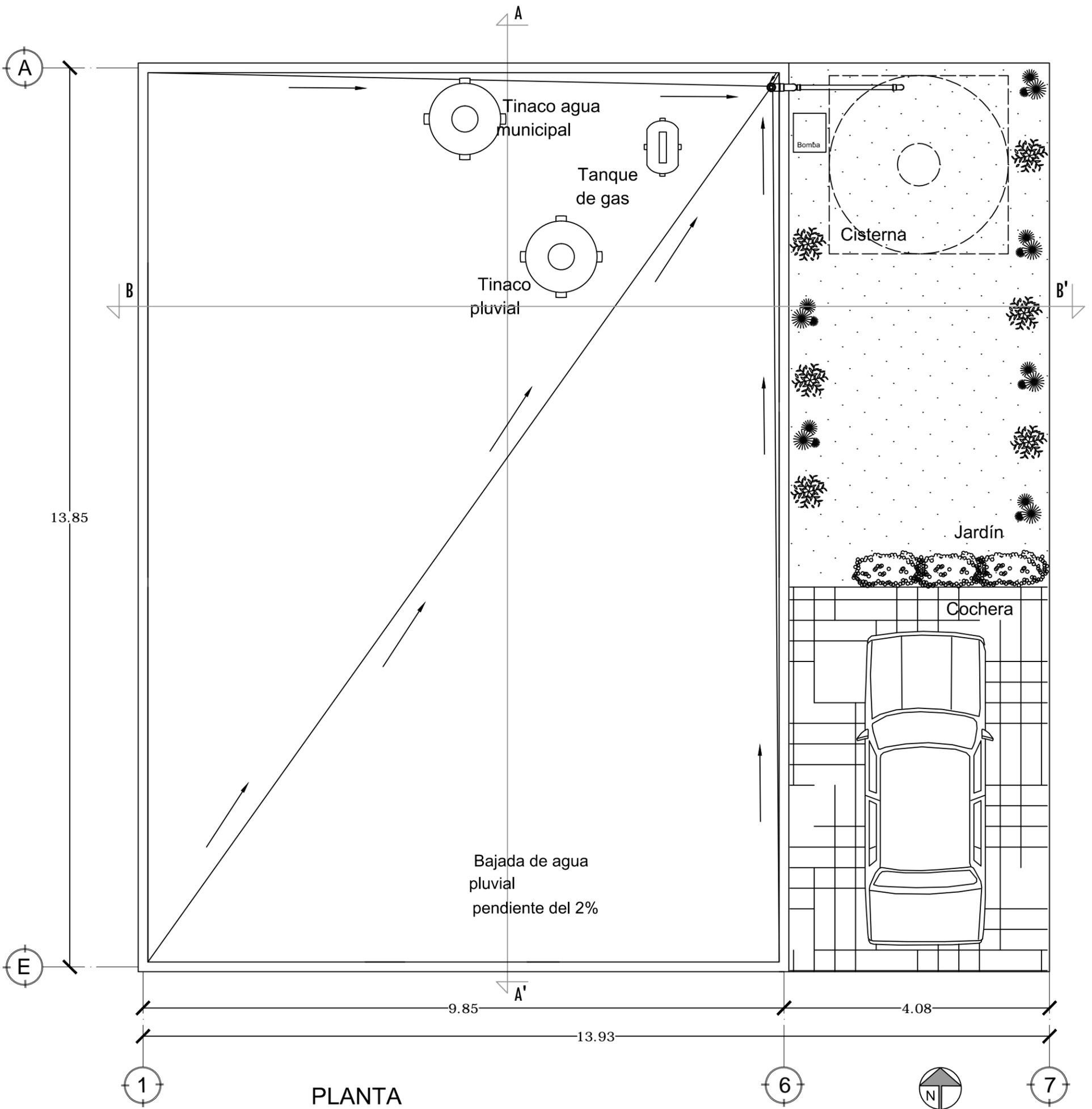
Detalle 3



PLANOS PROPUESTA 2



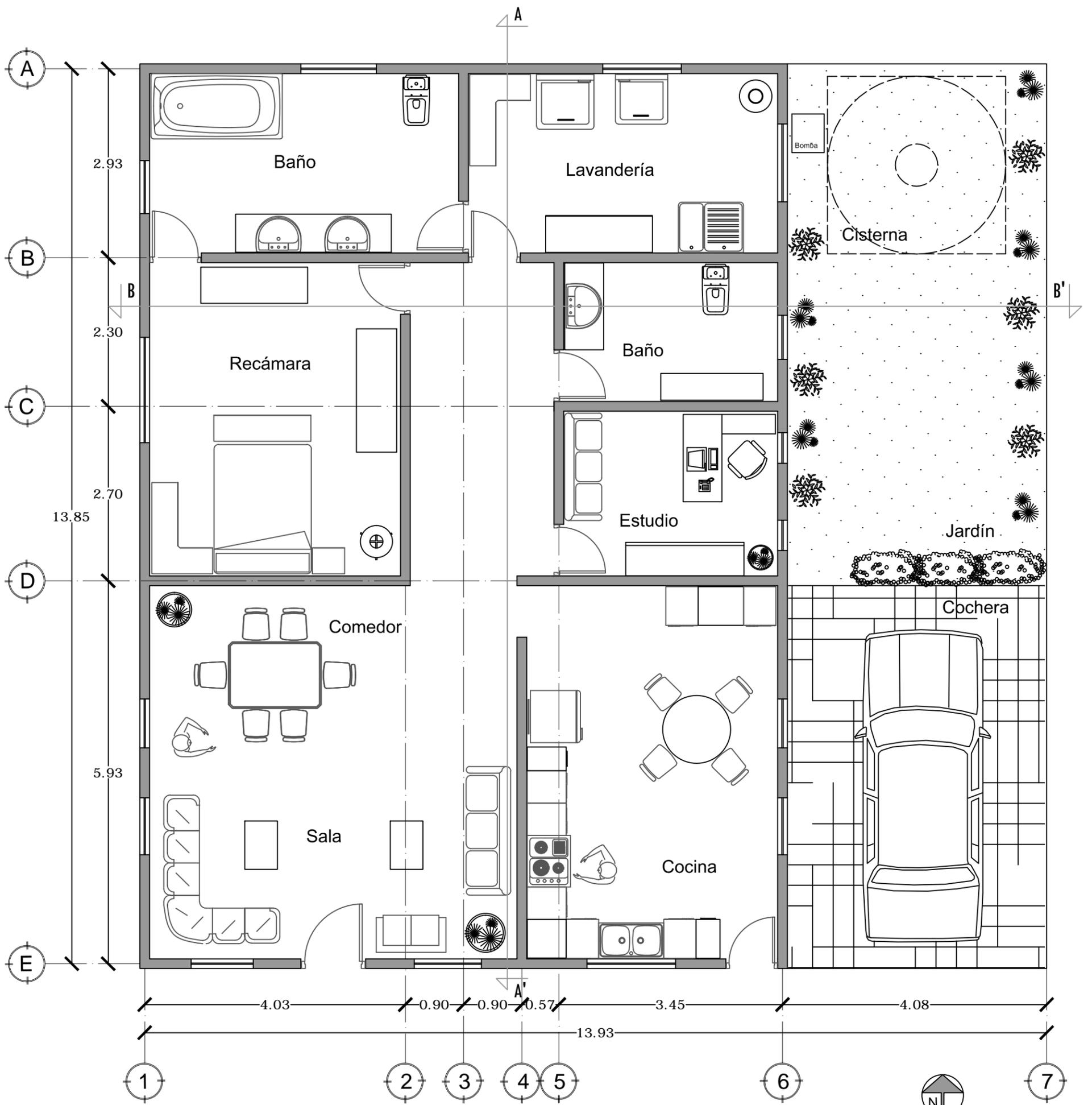
- Planta arquitectónica
 - Planta de Azoteas
 - Planta Baja
- Fachadas
 - Fachada Norte
 - Fachada Sur
 - Fachada Este
 - Fachada Oeste
- Cortes
 - Corte A-A'
 - Corte B-B'
- Recorrido de Tubería de Cobre y PVC para Agua Pluvial
 - Planta Arquitectónica
 - Planta Arquitectónica de Azoteas
- Detalles de Instalación de Cobre para Agua Pluvial
 - Detalle 1 (D1)
 - Detalle 2 y 6 (D2, D6)
 - Detalle 3 y 6 (D3, D6)
 - Detalle 4, 5 y 6 en Corte B-B'



PLANTA
ARQUITECTÓNICA
Planta de azoteas

Propuesta 2

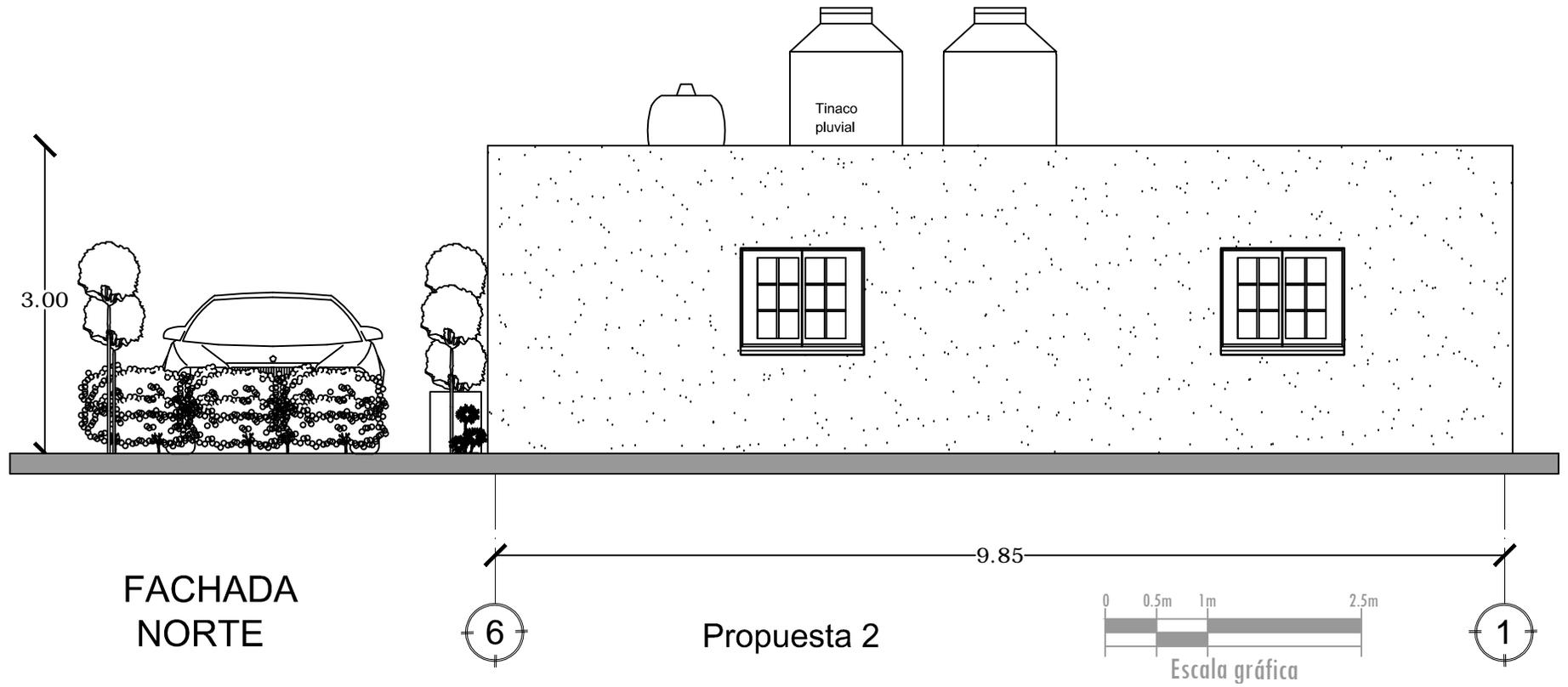


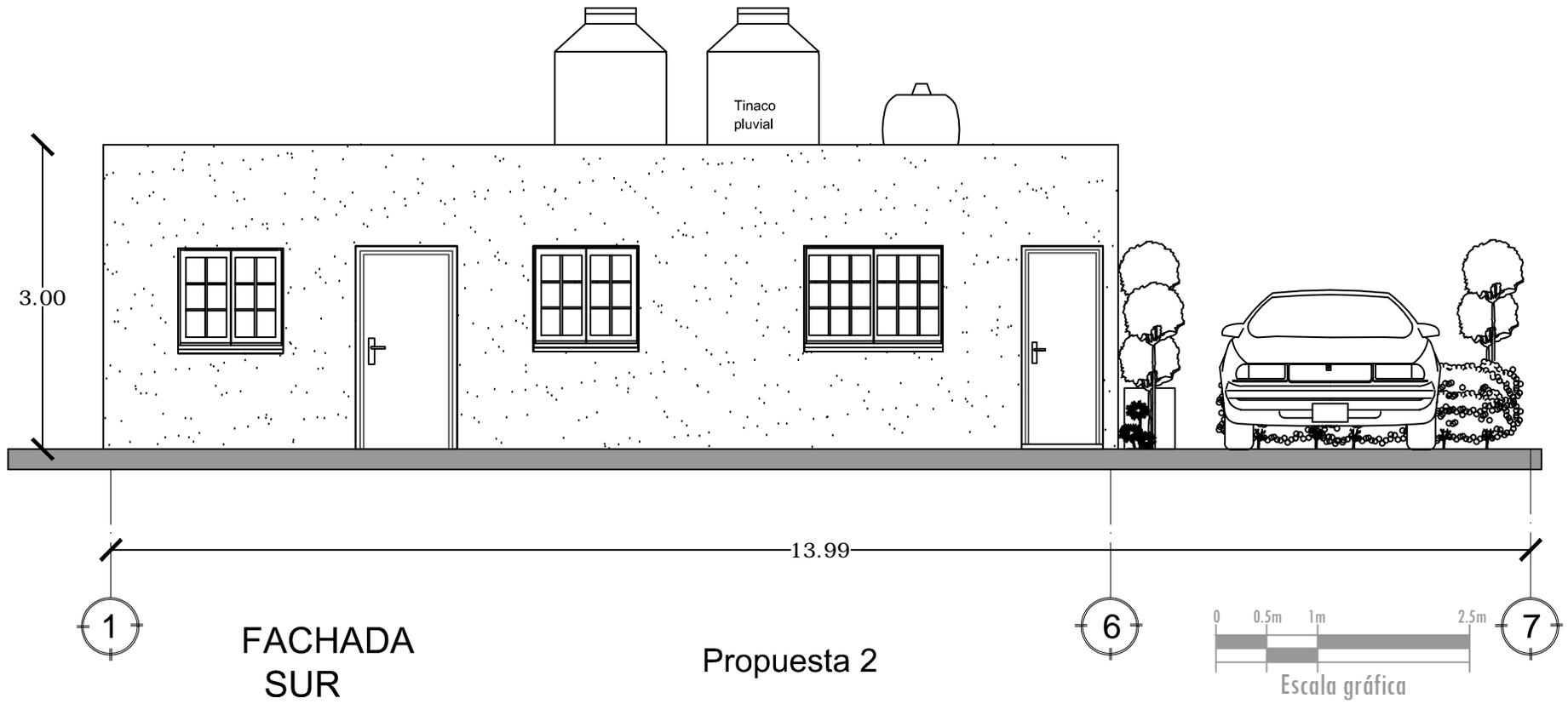


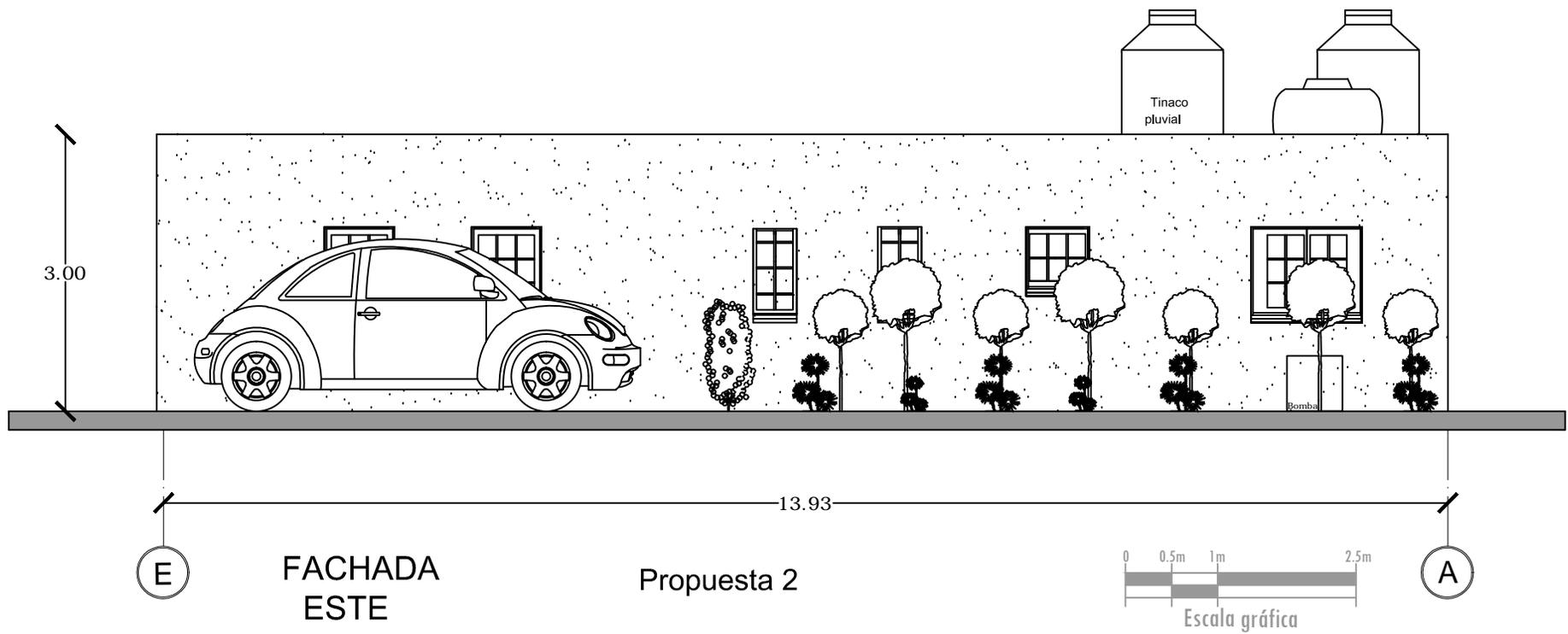
PLANTA
ARQUITECTÓNICA

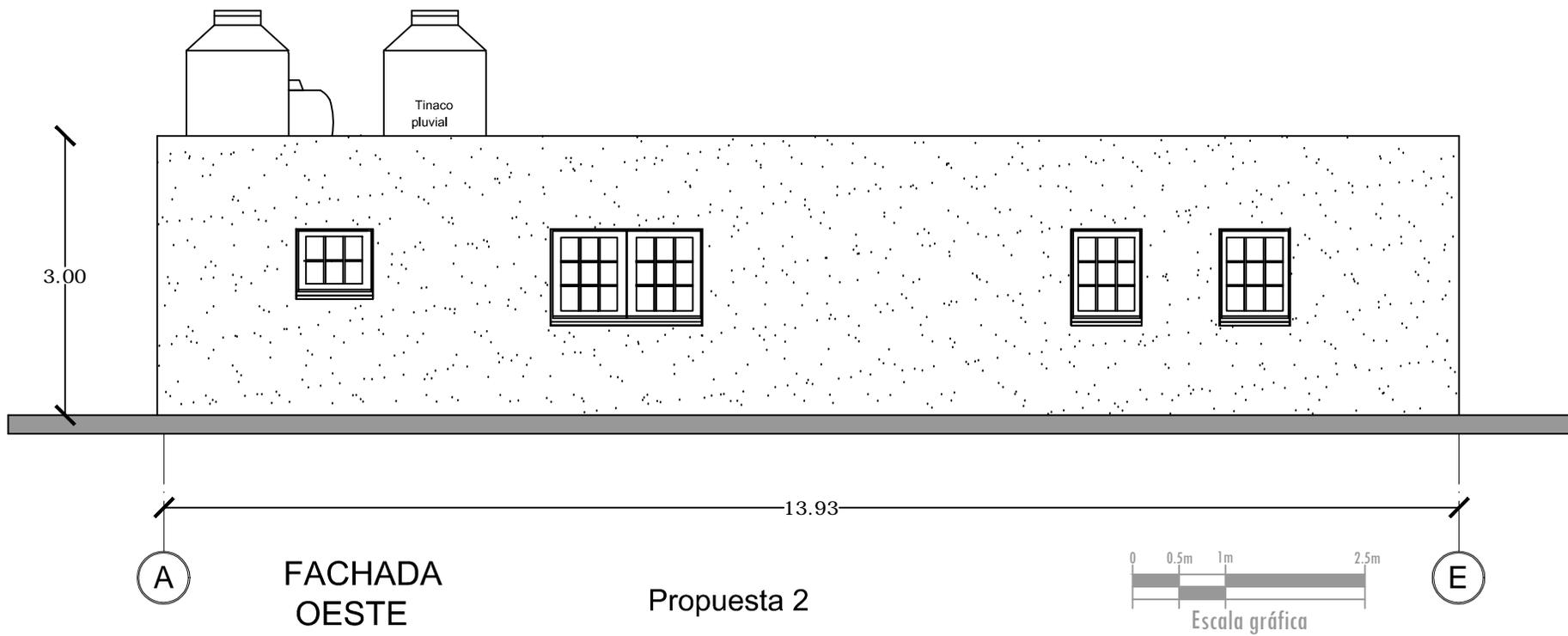
Propuesta 2

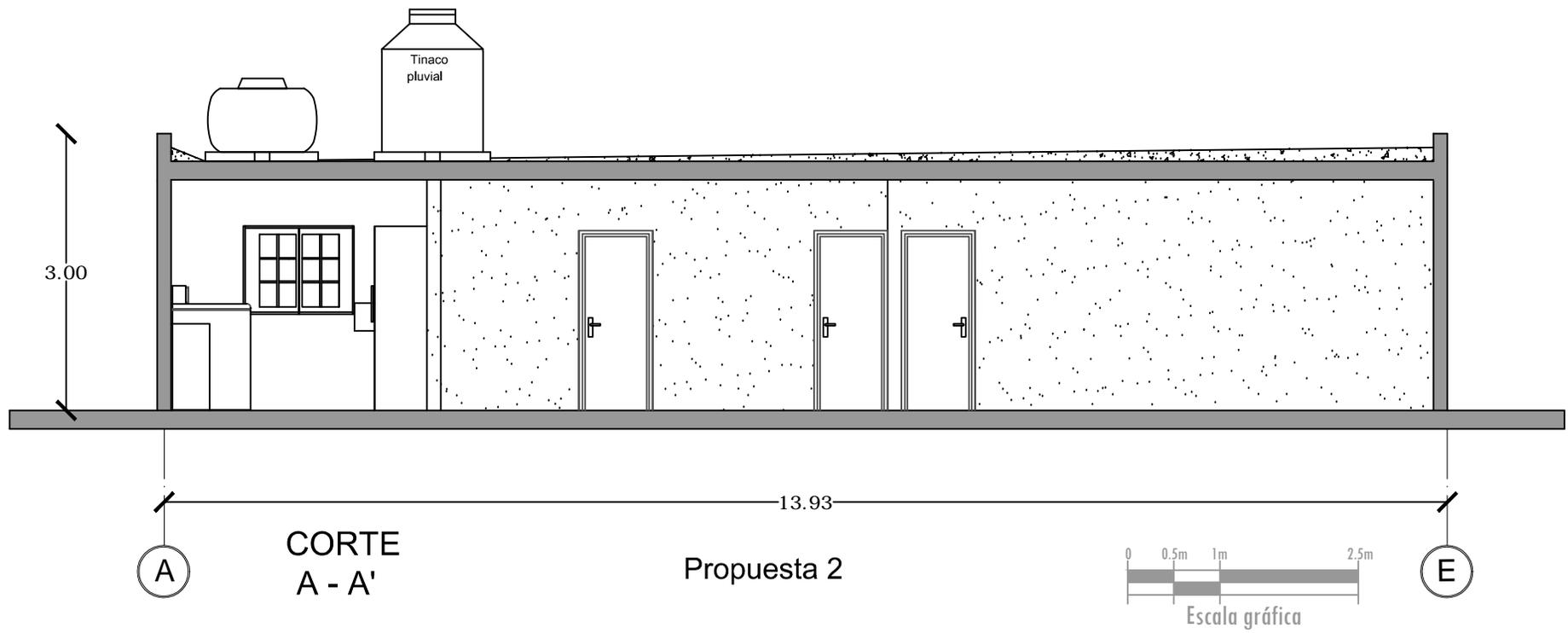


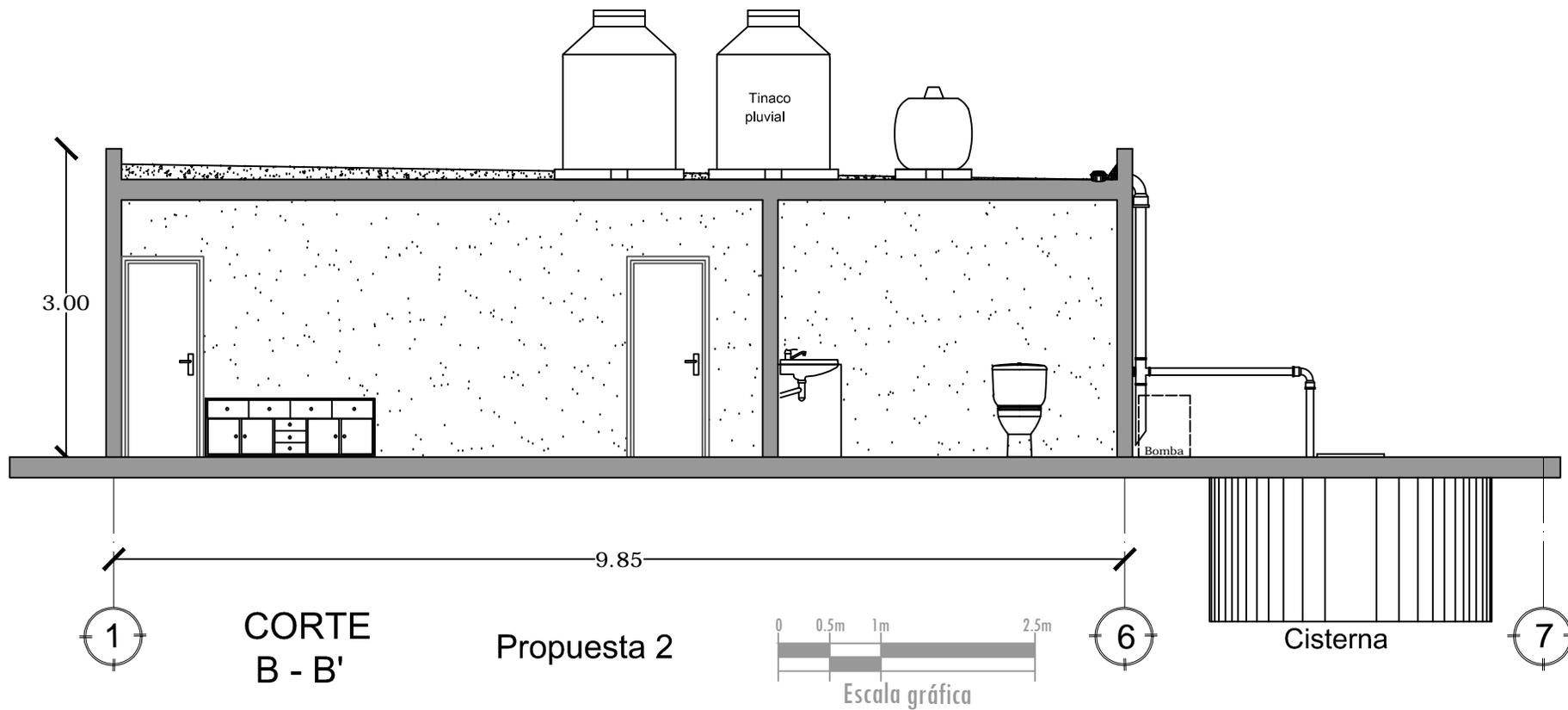


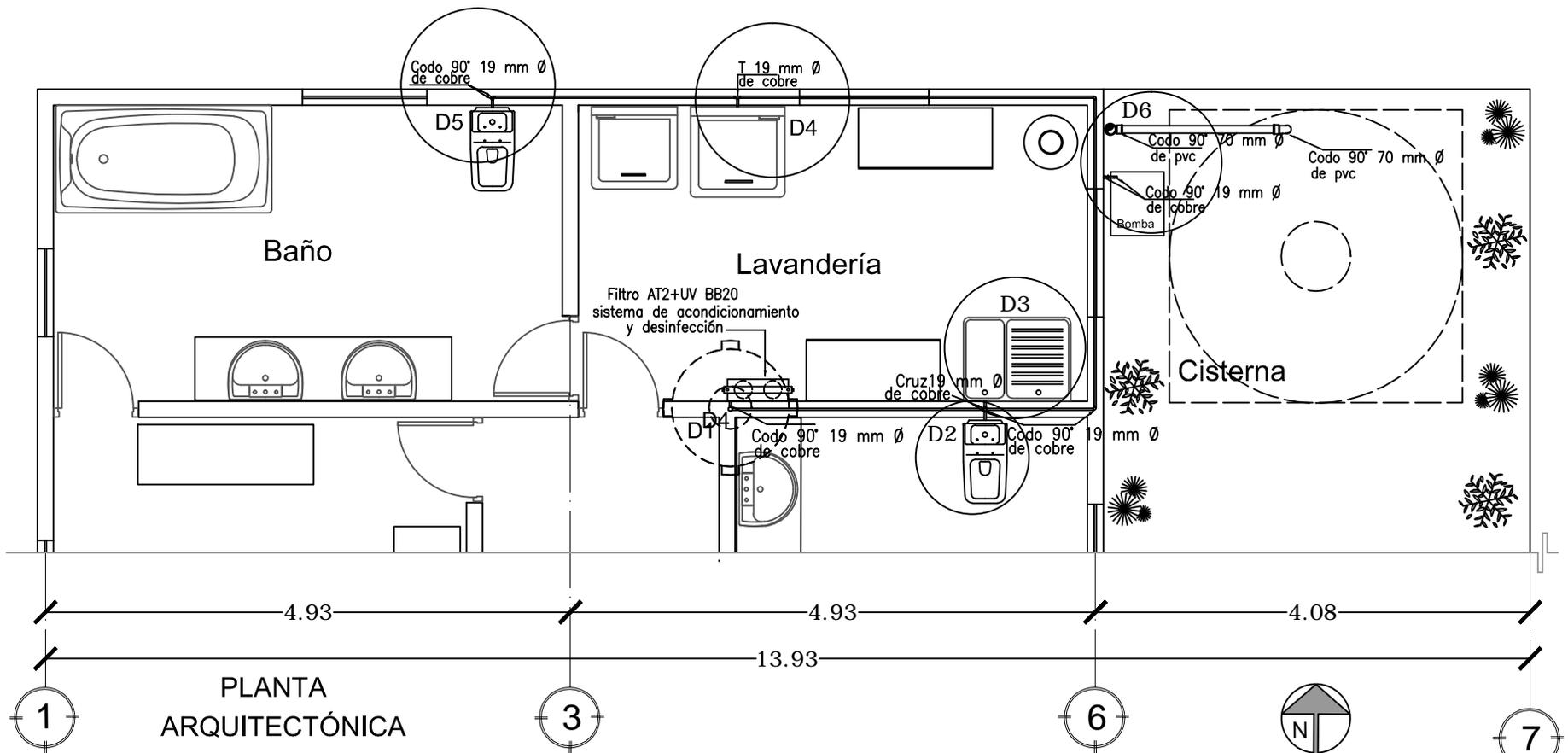












PLANTA
ARQUITECTÓNICA

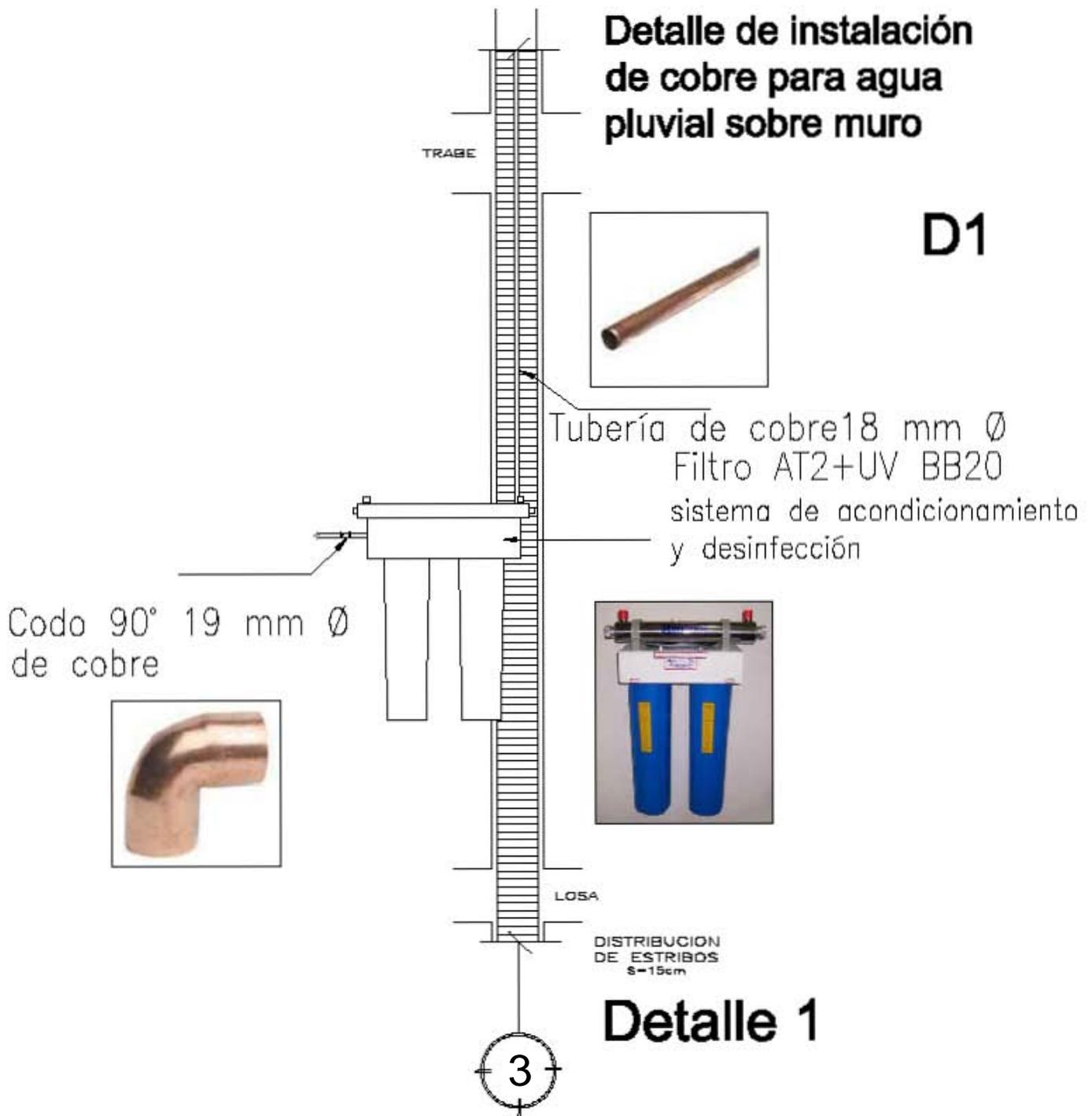
Recorrido de tubería
de cobre y pvc para
agua pluvial

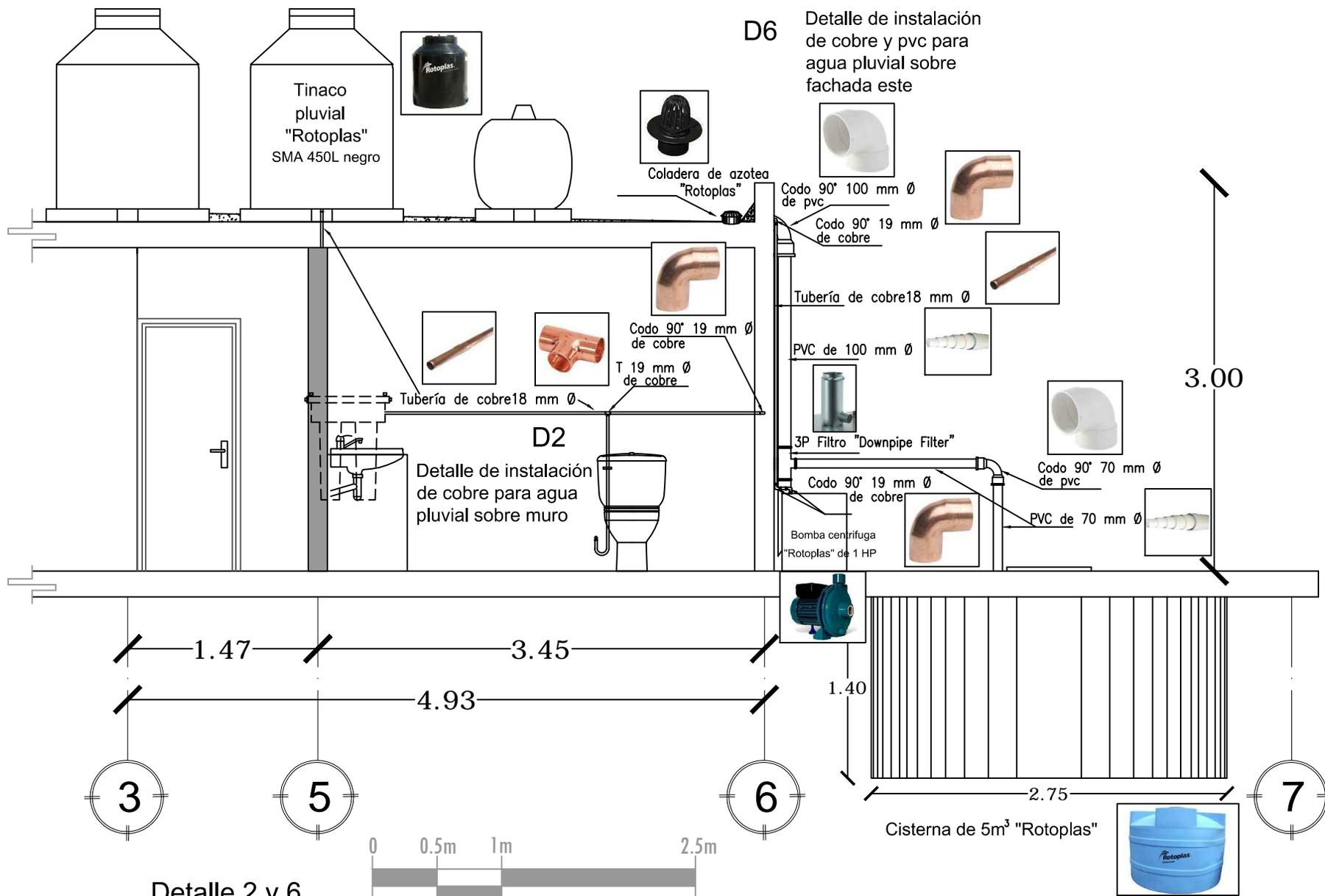
Propuesta 2



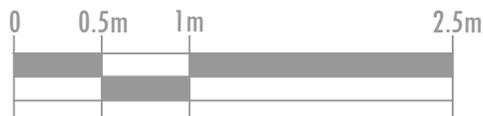
Detalle de instalación de cobre para agua pluvial sobre muro

D1





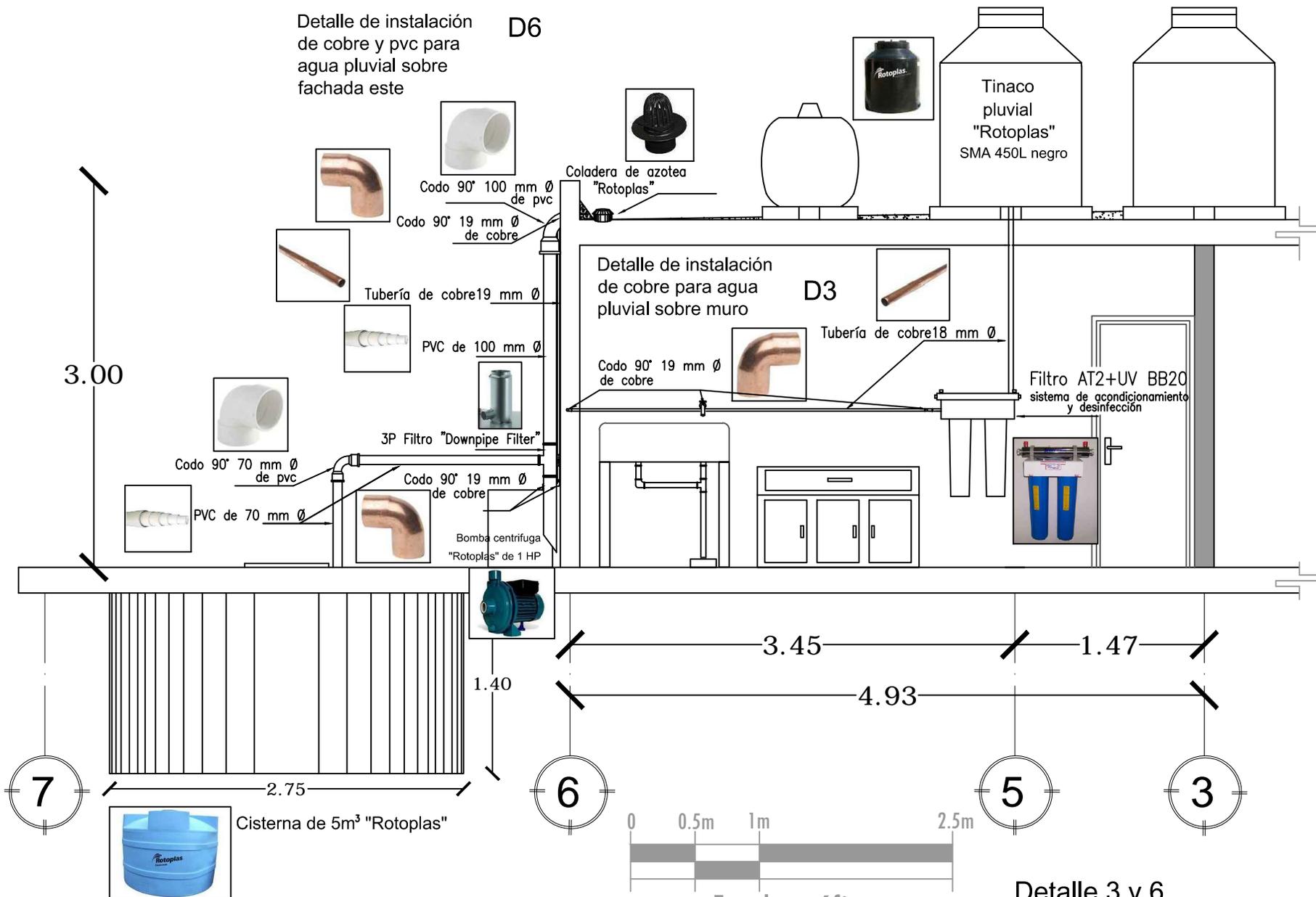
Detalle 2 y 6



Escala gráfica

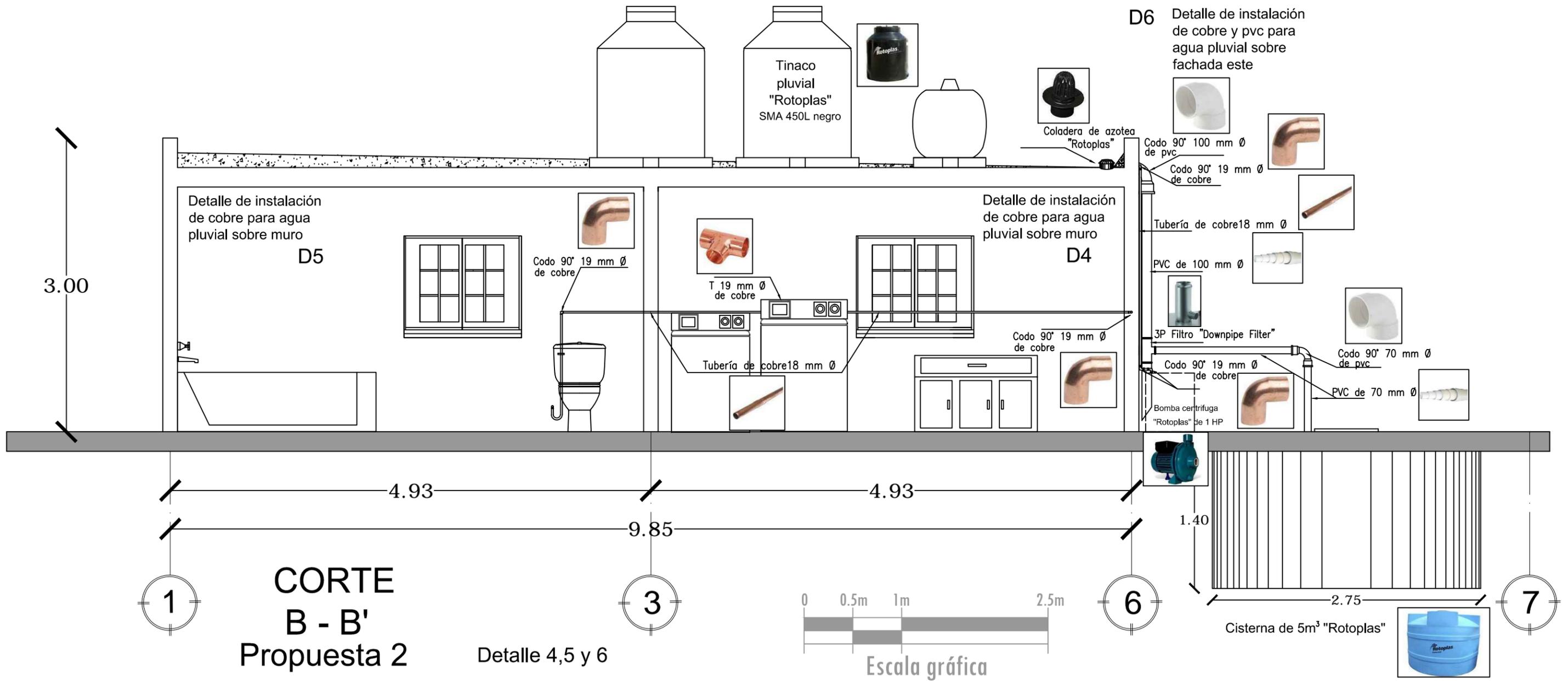
Detalle de instalación de cobre y pvc para agua pluvial sobre fachada este

D6



Escala gráfica

Detalle 3 y 6



ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1 | Proporciones en que el agua se distribuye por nuestro planeta. Según datos de Shikolamanov 1996 | 9 |
| Tabla 2 | Tipos de microorganismos comunes en las aguas naturales. Con datos de Tchobanoglous G. & Schroeder D., WATER QUALITY, 1987, Pág. 124 | 13 |
| Tabla 3 | Parámetros de calidad del agua potable. Con datos de Gray N., CALIDAD DEL AGUA POTABLE, 1996, Pág. 24-27 | 13 |
| Tabla 4 | Porcentaje de uso de agua en la vivienda. Tabla elaborada con datos de Gray N., CALIDAD DEL AGUA POTABLE | 14 |
| Tabla 5 | Características del Up-Flo ^{M.R.} Filter, con datos de los catálogos de Soluciones Hidropluviales | 51 |
| Tabla 6 | Características del Separador Hidrodinámico First Defense ^{M.R.} , con datos de los catálogos de Soluciones Hidropluviales | 52 |
| Tabla 7 | Características del Separador Hidrodinámico Downstream Defender ^{M.R.} , de los catálogos de Soluciones Hidropluviales | 53 |
| Tabla 8 | Características del Downspout Filter ^{M.R.} , de los catálogos de Soluciones Hidropluviales | 55 |
| Tabla 9 | Contribución a la precipitación y superficie de las Regiones Hidrológico-Administrativas 1971 – 2000. Modificado de “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, documento en línea de la SERMANAT, consultado 07/20/2011 a las 18:00 horas de www.semarnat.gob.mx | 62 |
| Tabla 10 | Precipitación normal mensual en milímetros por entidad federativa para el periodo 1997 – 2000. Estadísticas del Agua en México 2010, CONAGUA 2010, Pág. 25 | 63 |
| Tabla 11 | Disponibilidad natural media por Región Hidrológico-Administrativa. Elaborada con datos del “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, documento en línea de la SERMANAT, consultado 07/20/2011 a las 18:00 horas de www.semarnat.gob.mx | 63 |
| Tabla 12 | Acuíferos del País por Región Hidrológico-Administrativa 2008. Estadísticas del Agua en México 2010, Editado por CONAGUA en Marzo de 2010 pág. 43 | 64 |
| Tabla 13 | Datos Geográficos y Socioeconómicos por Región Hidrológico-Administrativa 2008. Estadísticas del Agua en México 2010, Editado por CONAGUA en Marzo de 2010 pág. 22 | 67 |
| Tabla 14 | Consumo de Agua per cápita en litros diarios, Elaborada con datos tomados de Guía CONAFOVI de “Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales” pág. 19 | 68 |
| Tabla 15 | Valores Anuales del Ciclo Hidrológico Regional. Estadísticas del Agua para la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 62 | 70 |
| Tabla 16 | Extracción total de agua en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 64 | 72 |
| Tabla 17 | Principales características de las subcuencas hidrográficas de la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 66 | 73 |
| Tabla 18 | Disponibilidad de Agua en el Valle de México y Tula en millones de metros cúbicos. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 66 | 74 |

| | | |
|----------|---|-----|
| Tabla 19 | Situación de los acuíferos de la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 71 | 76 |
| Tabla 20 | Volúmenes concesionados por uso y tipo de aprovechamiento en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 86 | 76 |
| Tabla 21 | Volúmenes de agua residual reutilizada en la Región XIII. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 90 | 78 |
| Tabla 22 | Coberturas de agua potable y alcantarillado, 2005. Estadísticas del agua de la Región XIII, Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 111 | 78 |
| Tabla 23 | Delegaciones Políticas de la Ciudad de México D.F. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 17 | 79 |
| Tabla 24 | Municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 17 | 80 |
| Tabla 25 | Municipio de Hidalgo perteneciente a la ZMVM. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 17 | 80 |
| Tabla 26 | Costos aproximados de Producción de agua potable en la ZMVM. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009 | 81 |
| Tabla 27 | Costos aproximados de operación del sistema de alcantarillado en la ZMVM. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009 | 81 |
| Tabla 28 | Tabla 28 Tarifas 2008 por suministro de agua potable en el Distrito Federal. Estadísticas del agua de la Región XIII, Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 139 | 82 |
| Tabla 29 | Proyecciones sobre el Consumo de Agua en la ZMVM. Consulta a CONAGUA del 28 de Julio de 2011, con información del año 2010 | 82 |
| Tabla 30 | Relación de las Estaciones Climatológicas analizadas para la elaboración del estudio sobre variaciones de la lluvia y la temperatura. Moritz 2011 | 86 |
| Tabla 31 | Análisis anualizado de las variaciones en la Lluvia y la Temperatura de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana. Moritz 2011 | 87 |
| Tabla 32 | Precipitación Anual por Entidad Federativa de la página web del Servicio Meteorológico Nacional, consultada en 20/03/2012 a las 09:01 horas de http://smn.cna.gob.mx | 94 |
| Tabla 33 | Índice de Techado Habitacional en la ZMVM, Moritz 2011 | 95 |
| Tabla 34 | Proporción de superficie urbanizada en el D.F. y la ZMVM. Con datos del documento “Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México”, Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos. Consultado en 31/01/2012 a las 15:00 horas de la página web del Programa de Estudios Metropolitanos de la UAM Xochimilco en http://estudiosmetropolitanos.xoc.uam.mx | 97 |
| Tabla 35 | Coeficientes de escurrimiento de agua de lluvia para techos de varios materiales. Fuente: Lee y Visscher, 1992, y Caballero, 2007. | 98 |
| Tabla 36 | Relación Oferta – Demanda por mes para una superficie de captación de 140 m ² . Moritz 2012 | 114 |
| Tabla 37 | Comparación de los rendimientos de los tres tamaños de superficie analizados. Moritz 2012 | 124 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------|--|----|
| Fig. 1 | Ciclo Hidrológico. Modificado de la página web de Ciencias del Agua para las Escuelas del Servicio Geológico de los Estados Unidos en Español. Consultado en 07/12/2010 a las 13:08 horas de http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html | 7 |
| Fig. 2 | Manantial subterráneo, “el Túnel” en Cuernavaca, Morelos, México. Moritz 2002 | 15 |
| Fig. 3 | Tanques de Cloro gas para desinfección de agua en CIVAC, Morelos, México. Moritz 2002 | 15 |
| Fig. 4 | Planta de la empresa Vetrotex que se abastece de agua de pozo y la almacena en un tanque elevado, Ciudad Industrial Xicoténcatl 1, Tlaxcala, México. Moritz 2005 | 16 |
| Fig. 5 | Torre de enfriamiento | 17 |
| Fig. 6 | Esquema simplificado que muestra el abastecimiento de agua a un domicilio desde la red municipal. Modificado de Alth M., MANUAL DE PLOMERÍA e INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, 1993 | 19 |
| Fig. 7 | Disposición común de la instalación hidráulica de un cuarto de baño en una casa mexicana. Modificado de CEMEX, MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA, 1984 | 20 |
| Fig. 8 | Disposición común de la instalación sanitaria de un cuarto de baño en una casa mexicana. Modificado de CEMEX, MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA, 1984 | 21 |
| Fig. 9 | Sistema de captación de agua de lluvia de la era neolítica en Matera, Italia. De la página web del arquitecto e investigador de temas de agua italiano Pietro Laureano, consultada en 11/11/2011 a las 21:00 horas en www.laureano.it | 29 |
| Fig. 10 | Depósito abierto en Dholavira, India. | 30 |
| Fig. 11 | Canales para conducir el agua pluvial en las ruinas de Cnosos. Mays L. 2010 | 30 |
| Fig. 12 | Canales para conducir el agua pluvial en las ruinas de Cnosos. Mays L. 2010 | 30 |
| Fig. 13 | Canal y desarenador en Cnosos. Mays L. 2010 | 31 |
| Fig. 14 | Cisterna en Be'er Sheva. Imagen de http://eugenetd.blogspot.com , consultada el 11/11/2011 a las 21:00 horas | 31 |
| Fig. 15 | Ubicación de la antigua ágora de Dreros y acceso a la cisterna que la servía. Mays L. 2010 | 32 |
| Fig. 16 | Ubicación de la antigua ágora de Dreros y acceso a la cisterna que la servía. Mays L. 2010 | 32 |
| Fig. 17 | Cisterna excavada en la roca en Petra, Jordania. Imagen de http://nabataea.net/water.html , consultada en 11/11/2011 a las 21:00 | 32 |
| Fig. 18 | Grotta Lacono o Cisterna de Villa Stefania. De la página web de Hydria Project dedicada al estudio de las técnicas de captación de agua de la antigüedad, consultada 11/11/2011 a las 21:00 horas en www.hydraproject.net | 33 |
| Fig. 19 | Pozo de infiltración que conduce a la Cisterna de Villa Stefania. De la | 33 |

| | | |
|---------|---|----|
| | página web de Hydria Project dedicada al estudio de las técnicas de captación de agua de la antigüedad, consultada 11/11/2011 a las 21:00 horas en www.hydrproject.net | |
| Fig. 20 | Gran Cisterna de Yerebatan en Estambul, Turquía. De la página web de la empresa española de turismo “Sobre Turismo”, consultada 11/11/2011 a las 21:00 horas en http://sobreturismo.es | 33 |
| Fig. 21 | Chultun de las regiones Mayas, Moritz 2010 | 34 |
| Fig. 22 | Cisterna construida de piedra para almacenar el agua de lluvia en Xochicalco, Estado de Morelos, México. Moritz 2012 | 34 |
| Fig. 23 | Aljibe musulmán de la época Almohade (S. XII), “Palacio de las Veletas” en Cáceres, España. | 34 |
| Fig. 24 | Vista transversal de un Qanat | 35 |
| Fig. 25 | Aljibe del Ex Convento de Tecali en el Estado de Puebla. Moritz 2012 | 35 |
| Fig. 26 | Aljibe abierto del Convento de San Nicolás Tolentino en Actopan, Estado de Hidalgo, México. Moritz 2012 | 35 |
| Fig. 27 | Cisternas concéntricas de piedra para almacenar agua de lluvia. Turriano J., LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS, 1983, Pág. 272 | 36 |
| Fig. 28 | Sistema de captación de agua de lluvia de las laderas de las montañas. Turriano J., LOS VEINTIÚN LIBROS DE LOS INGENIOS Y DE LAS MÁQUINAS, 1983, Pág. 277 | 37 |
| Fig. 29 | Sistema moderno de captación pluvial | 38 |
| Fig. 30 | Techo Cuenca diseñado para recolectar agua de lluvia para consumo humano. Proyecto “Agua y Vida“, Mpo. DR. Arroyo N.L | 42 |
| Fig. 31 | Esquema de una cisterna veneciana. Modificado de Pürschel W., LA CAPTACIÓN DEL AGUA POTABLE, 1976 | 43 |
| Fig. 32 | Esquema de una cisterna para la captación pluvial con filtro de arena en forma de tambo. Modificado de Carmona R., EL AGUA, 1985 | 43 |
| Fig. 33 | Casa en Nuevo México con sistemas de captación de agua de lluvia. De la página web www.harvesth2o.com dedicada a la captación de agua de lluvia, consultada en 05/02/2011 a las 18:00 horas | 46 |
| Fig. 34 | Vista esquematizada del Up-Flo ^{M.R.} Filter de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales | 50 |
| Fig. 35 | Vista esquematizada del Separador Hidrodinámico First Defense ^{M.R.} de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales. | 51 |
| Fig. 36 | Influentes y efluentes del First Defense ^{M.R.} de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales. | 52 |
| Fig. 37 | Esquema de funcionamiento del Separador Hidrodinámico Downstream Defender ^{M.R.} de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales. | 53 |
| Fig. 38 | Vista esquemática del Downspout Filter ^{M.R.} de los Catálogos de Soluciones Hidropluviales. | 54 |
| Fig. 39 | Filtro 3P Downpipe Filter ^{M.R.} de la Página Web de 3p Technik México, consultada en 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 55 |
| Fig. 40 | Posibles instalaciones del Rainus ^{M.R.} de la Página Web de 3p Technik México, consultada en 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 56 |
| Fig. 41 | Vista esquemática de Rainus ^{M.R.} de la Página Web de 3p Technik México, consultada en 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 56 |

| | | |
|---------|---|----|
| Fig. 42 | Vista esquemática del 3P Filtro Colector de la Página Web de 3p Technik México, consultada 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 57 |
| Fig. 43 | Filtro Colector Disponible en gris y marrón de la Página Web de 3p Technik México, consultada 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 57 |
| Fig. 44 | Filtro para agua de lluvia tamaño industrial VF3y vista esquemática de la Página Web de 3p Technik México, consultada en 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 57 |
| Fig. 45 | Filtro Hydrosystem 1000 de la Página Web de 3p Technik México, consultada 12/05/2012 a las 20:00 horas en www.3ptechnik.com.mx . | 58 |
| Fig. 46 | Reservas de agua dulce en el mundo por región. Modificado de “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, documento en línea de SERMANAT, consultado en 07/20/2011 a las 18:00 horas de www.semarnat.gob.mx | 60 |
| Fig. 47 | Grado de presión sobre los recursos hídricos por región hidrológico-administrativa de acuerdo con datos de 2007. Modificado de “Informe de la Situación del Medio Ambiente en México”, documento en línea de SERMANAT, consultado en 07/20/2011 a las 18:00 horas de www.semarnat.gob.mx | 61 |
| Fig. 48 | Acuíferos sobreexplotados. Estadísticas del Agua en México 2010, CONAGUA 2010 | 65 |
| Fig. 49 | Acuíferos con intrusión marina. Estadísticas del Agua en México 2010, CONAGUA 2010 | 66 |
| Fig. 50 | Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico de la Región XIII y las Regiones Hidrológico-Administrativas vecinas. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 65 | 68 |
| Fig. 51 | Ubicación de la Región XIII “Aguas del Valle de México” Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 16 | 69 |
| Fig. 52 | Componentes del ciclo hidrológico de la Región XIII “Aguas del Valle de México”. Estadísticas del Agua para la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 62 | 70 |
| Fig. 53 | Subcuencas Hidrográficas de la Región XIII “Aguas del Valle de México”. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 67 | 74 |
| Fig. 54 | Condición hidrogeológica de los acuíferos de la Región XIII” Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 72 | 75 |
| Fig. 55 | Volúmenes concesionados en la Región XIII, por usos consuntivos y origen. Estadísticas del agua de la Región Aguas del Valle de México, CONAGUA 2009, pág. 87 | 77 |
| Fig. 56 | Gráfica de Cambio Mensualizado de la Lluvia máxima en 24 horas. Moritz 2011 | 89 |
| Fig. 57 | Gráfica de Cambio Mensualizado de la Precipitación promedio. Moritz 2011 | 90 |
| Fig. 58 | Gráfica de Cambio de la Temperatura máxima. Moritz 2011 | 91 |
| Fig. 59 | Estructuras semipermanentes sobre las azoteas de las viviendas de la Ciudad de México. Consultado en 28/10/2012 a las 17:30 horas de http://maps.google.com.mx | 96 |
| Fig. 60 | Covacha sobre una azotea Consultado en 28/10/2012 a las 17:30 horas | 96 |

| | | |
|---------|--|-----|
| | de http://maps.google.com.mx | |
| Fig. 61 | La superficie de captación se considera como el área del techo (la cubierta) vista en planta, de Mechell J. et al, RAINWATER HARVESTING SYSTEM PLANNING, 2010, Pág. 41 | 99 |
| Fig. 62 | Ilustración de la “Propuesta 1”. Moritz 2012 | 107 |
| Fig. 63 | Diagrama de Flujo de la “Propuesta 1”. Moritz 2012 | 108 |
| Fig. 64 | Ilustración de la “Propuesta 2”. Moritz 2012 | 110 |
| Fig. 65 | Diagrama de Flujo de la “Propuesta 2”. Moritz 2012 | 111 |
| Fig. 66 | Gráfica de la Relación Oferta – Demanda por mes para una superficie de 140 m ² . Moritz 2012 | 115 |
| Fig. 67 | Esquema que ilustra el concepto de días de acumulación, Moritz 2012 | 121 |