



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ARQUITECTURA.

UNIDAD ACADÉMICA DE ARQUITECTURA DE PAISAJE

MANEJO DE AGUA PLUVIAL ESCALA URBANO ARQUITECTÓNICA.

SINODALES DE TESIS.

DRA. ROCÍO LÓPEZ DE JUÁMBELZ.

MTRO. ALEJANDRO CABEZA PÉREZ

ARQ. LUIS DE LA TORRE ZATARAIN.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE ARQUITECTA PAISAJISTA

PRESENTA: CHANTAL CARIUS ESTRADA.

MÉXICO: CIUDAD UNIVERSITARIA 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.

I. ANTECEDENTES. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANEJO PLUVIAL URBANO- ARQUITECTÓNICO EN EL MUNDO ANTIGUO

I.I EUROPA

1. BABILONIA-MESOPOTAMIA	1
2. GRECIA	2
3. ROMA	4

I.II AMÉRICA

1. AMÉRICA PREHISPÁNICA	14
2. MÉXICO DESPUÉS DE LA CONQUISTA (1521-1990).....	47
3. MÉXICO INDEPENDIENTE	62
4. MÉXICO SIGLO XX	64

II. MANEJO CONTEMPORÁNEO DE AGUA PLUVIAL CLASIFICACION DE TECNICAS (CAPTACION, CONDUCCION, ALMACENAMIENTO, INFILTRACIÓN)

II.I MANEJO DE AGUA PLUVIAL	70
II.II CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS	72
II.II ELEMENTOS DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL.....	73
1. ELEMENTOS DE CAPTACIÓN	73
2. ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN.....	75
3. ELEMENTOS DE INFILTRACIÓN	79
4. ELEMENTOS DE ALMACENAMIENTO.....	90

II.III	TABLA RESUMEN DE ELEMENTOS DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL.	96
II.IV	DESCRIPCIÓN DE TÉCNICAS DE AGUA PLUVIAL.....	98
III.	CASOS ANÁLOGOS URBANO-ARQUITECTÓNICOS	
	1. CASOS ANÁLOGOS URBANOS	111
	2. CASOS ANÁLOGOS ARQUITECTÓNICOS	125
IV.	CONCLUSIONES.	133
V.	GLOSARIO.	136
VI.	ÍNDICE DE IMÁGENES -----	140
VII.	ANEXOS.	148
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.	151

INTRODUCCIÓN

En la época actual existe una creciente necesidad de restaurar los ciclos naturales del planeta, entre ellos el ciclo hidrológico, el cual se ha deteriorado y ha sido cambiado principalmente por el mal manejo del agua en las ciudades conformado por el constante crecimiento sin planificación de la población, la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la contaminación en los cuerpos de agua.

Éste manejo contraproducente nos ha llevado a dos contradicciones; por una parte se habla de la escasez de agua en el planeta, aunque la cantidad de agua en el planeta sigue siendo la misma sólo que actualmente existen más aguas negras que agua limpia, y contradictoriamente se discuten las inundaciones desmedidas de las ciudades, las cuales son ocasionadas principalmente por la falta de infiltración del agua al subsuelo ya que las metrópolis poseen en general una gran extensión de zonas impermeables.

Es en este preciso momento en dónde la arquitectura de paisaje puede ofrecer una solución a ambos problemas basándose en la observación y la imitación de los recursos naturales.

La presente tesis tiene como objetivo clasificar las diferentes técnicas de manejo de agua pluvial que se han empleado a través de los años con el fin de entenderlas y poder clasificarlas, describir los elementos que componen estas técnicas, así como comprender como se deben utilizar los elementos para obtener un manejo de agua pluvial adecuado.

La primera parte del trabajo está dedicada a describir las técnicas de agua pluvial utilizadas en el mundo antiguo el cuál abarca Babilonia, Grecia, Roma, América y particularmente México desde la época prehispánica hasta 1990, explica cual era la

función de estos métodos y como fueron evolucionando. Se menciona solo una pequeña parte de aguas negras con el fin de entender mejor el destino del agua de lluvia en las ciudades antiguas.

En la segunda parte se designa el manejo del agua pluvial contemporáneo, organiza los elementos que componen las técnicas de agua pluvial, y los describe para de esta forma tener clara su función.

El tercer capítulo de la tesis se enfoca a mostrar cómo se manejan las técnicas de agua pluvial en casos reales alrededor del mundo, ya que los casos análogos mundiales son muchos, sólo se muestran en esta guía los casos con un manejo completo de técnicas de agua pluvial y aquellos que se repiten bajo otro nombre dependiendo de la regiones pero su función y manejo es el mismo.

Para terminar, las conclusiones muestran los argumentos y percepciones después de haber investigado sobre el tema de manejo de agua pluvial.

La idea que motivo la realización de este documento es mostrar las diferentes alternativas que existen para contribuir a un manejo del ciclo hidrológico sustentable, el cual mejore la calidad de vida humana y natural, basándose en una relación agua-hombre-ambiente lógica, sostenible y amigable debido a que el agua no es un enemigo, ni tampoco es sólo un recurso, el agua es vida.



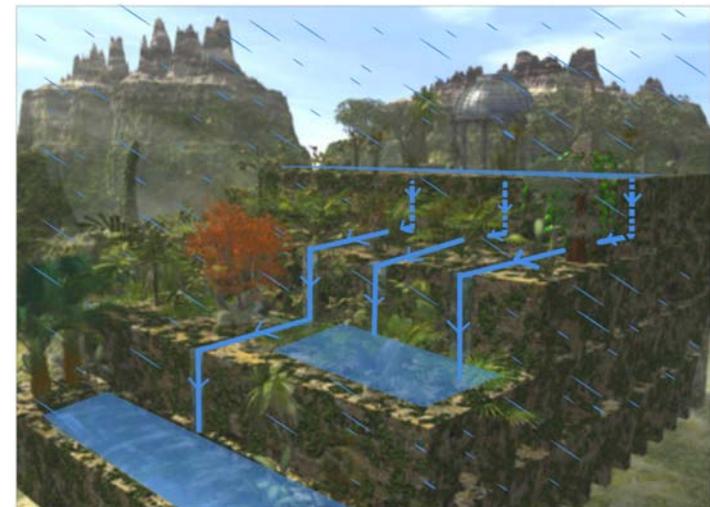
EL MUNDO ANTIGUO

BABILONIA-MESOPOTAMIA

El manejo de agua pluvial no es un sistema novedoso, las primeras ciudades que usaban y manejaban el agua de lluvia datan desde el año 8000 a.C. La primer ciudad fue sin duda Jericó en donde mediante canales de piedra conducían el agua de lluvia hasta pozos, lugar en que la almacenaban.

También, en Mesopotamia conducían el agua de lluvia; las ciudades de Mojenho-daro, Ur y Babilonia la conducían mediante canales abiertos hechos de piedra hacia pozos abiertos, pozos profundos o hacia el drenaje. El agua de los pozos abiertos se utilizaba para: el aseo personal, lavar ropa, regar cultivos agrícolas o en excusados. Los pozos profundos o shaduf se usaron para almacenar el agua en época de sequía o en periodo de guerra. Petri S. Jutti et al.¹ estiman que Ur, una de las primeras ciudades de Mesopotamia, poseía sistemas de agua pluvial y drenaje en las casas privadas desde el año 2000 a.C.

Figura 1. Imagen de los Jardines Colgantes de Babilonia. Se cree que en este lugar manejaban el agua de lluvia, la cual caía por gravedad a lo largo de los jardines y desembocaba en el río que según se estima rodeaba la ciudad.



¹ Petri S. Jutti, Tapio S. Katko, Heikki S. Vuorinen. (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*, IWA Publishing, Estados Unidos de Norteamérica p.p.13.

GRECIA

En Grecia, también se practicó el manejo de agua de lluvia. La ciudad de Knossos en Creta (2600-1100 d.C) poseía tres tipos distintos de sistemas para manipular el agua, pero sólo se manejaba el agua de lluvia mediante dos sistemas: Dentro del sistema de drenaje se depositaban todas las aguas negras así como el exceso de precipitación pluvial; y el sistema de agua pluvial, consistía en un complejo método que involucraba la captación de agua de lluvia en techos, los cuales la conducían a través de tubos verticales o canales y se almacenaba en cisternas abiertas o cerradas para su uso posterior.



Otra ciudad importante en Creta fue Phaistos, la cual funcionaba, producía y vivía a través del agua de lluvia porque no tenía agua potable a sus alrededores ya que el río más cercano estaba muy lejos de la ciudad y no había manantiales cerca. A lo largo de la metrópoli se encontraban varias cisternas en las que se almacenaba el agua pluvial por largos periodos; además, la usaban en piscinas interiores para refrescar el ambiente.

En Atenas, la capital de Grecia, la mayoría de las casas tenían sus propios pozos y cisternas para el almacenamiento de agua de lluvia. Para desaguar contaban con un gran drenaje, que se conformó por una serie de canales. El canal principal de piedra en el lado oeste del Ágora, construido a inicio del año 500 a.C. servía en un

Figura 2. Plano esquemático del Ágora, el drenaje de agua pluvial en color rojo llevaba el agua hasta el río Eridanus. (F) la casa de la fuente, (A) acueducto que suministra la casa de la fuente, (d) canal de desagüe.

principio para llevar el agua pluvial y depositarla en el Río Eridanus. Después, se construyeron dos ramas más para sacar el exceso de agua de lluvia que llegaba a caer de las pendientes de la Acrópolis o ciudad alta.



Figura 3. Canal del drenaje pluvial principal al sur-oeste del Ágora.

ROMA

Las ciudades Romanas son muy interesantes, aprendieron a manejar el agua gracias a los etruscos, pueblo que los dominó hasta el año 509 a.C. y a quienes deben su cultura, arte y arquitectura. Según Conolly², las ciudades romanas se componían de estrechas y sombrías calles, y las viviendas estaban tan juntas que se tocaban unas con otras. Las calles eran sucias, ya que la gente tiraba sus desperdicios y desechos sanitarios en ellas.

ACONTECIMIENTOS	AÑO DE INICIO	AÑO FINAL	DESCRIPCIÓN
FUNDACIÓN DE ROMA	776 a.C.	509 a.C.	PERIODOS EN LOS CUALES SE MANEJO EL AGUA PLUVIAL AL MÁXIMO.
REPÚBLICA	509 a.C.	127 a.C.	
INESTABILIDAD	127 a.C.	31 A.C.	PERIODOS EN LOS CUALES EL AGUA PLUVIAL SE MANEJÓ POCO Y SE UTILIZÓ PARA CREAR CORRIENTE EN LA CLOACA MÁXIMA.
IMPERIO	31 a.C.	96 d.C.	
TRIUNVIRATO	96 d.C.	192 d.C.	
ANARQUÍA MILITAR	192 d.C.	324 d.C.	
CREACIÓN DE CONSTANTINOPLA	330 d.C.		
SAQUEO DEL IMPERIO ROMANO Y DECADENCIA.	401 d.C.	410 d.C.	
CAÍDA DEL IMPERIO ROMANO	476 d.C.		

Figura 4. Calendario de Fechas Romanas.

² CONOLLY DODGE, Peter (2001). *The Ancient City: Life in Classical Athens and Rome*. Editorial Oxford University Press. Gran Bretaña. P.p. 134.

En los primeros tiempos de la República en el año 509 a.C., mismo año en el que se expulsó a los etruscos de la ciudad. Roma contaba únicamente con el agua que la naturaleza le proveía: El río Tíber, pozos, manantiales y el agua de lluvia; a falta de conocimientos para conducir y repartirla, la ciudad utilizaba únicamente el agua pluvial, la cual recolectaba y almacenaba en dos tipos de reservas; reservas privadas y las reservas públicas.³

Reservas Privadas

Se encontraban en las casas de las personas con mayor poder económico. El sistema de agua pluvial se componía del *compluvium* que era el área de captación conformada por el espacio creado por la pendiente de los techos los cuales conducen el agua de lluvia ayudándose de canalones que son elementos de conducción, para guiar el agua pluvial hacia el atrio en donde se localiza el *impluvium* que forma el área de almacenamiento. Alain Malissard.⁴ describe que en los días de lluvia, el agua resbalaba por las vertientes del tejado derramándose en canalones a menudo adornados con palmetas y antefijos de terracota, para después brotar por gárgolas, las cuales podían estar en forma de fauces de perro o de león, y así caer finalmente en el *impluvium*

El *impluvium* es el recipiente que recibe el agua pluvial, se encuentra usualmente en el suelo del atrio, en el centro de la estancia y sus dimensiones son proporcionales al *compluvium*. El espejo de agua o estanque que se forma está forrado de mármol o mosaico, y lo rodea un borde. El *impluvium* recolectaba el agua de lluvia y servía para refrescar el ambiente.

Para complementar el *compluvium* e *impluvium* estaba la cisterna que es un elemento de almacenamiento cerrado, con una capacidad de almacenamiento del doble de la reserva existente en el *impluvium*. El *impluvium*

³ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*, editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica p.p.137.

⁴ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*, editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica p.p.138.

recolectaba el agua de lluvia, la cual posteriormente se almacenaba en la cisterna y se utilizaría diariamente. Lamentablemente la cisterna no tenía mucha capacidad, lo máximo a lo que llegaba era a 12 m³ así que, para evitar que se inundara la estancia en caso de que lloviese fuerte, se abría en la parte superior un agujero de desagüe que llevaba el líquido sobrante a la cloaca o a la calle.⁵ Otra opción para remover el exceso de agua de lluvia de la cisterna fue construir canalizaciones de manera tal que el agua sobrante de la cisterna se depositaba en una reserva junto a las cocinas.

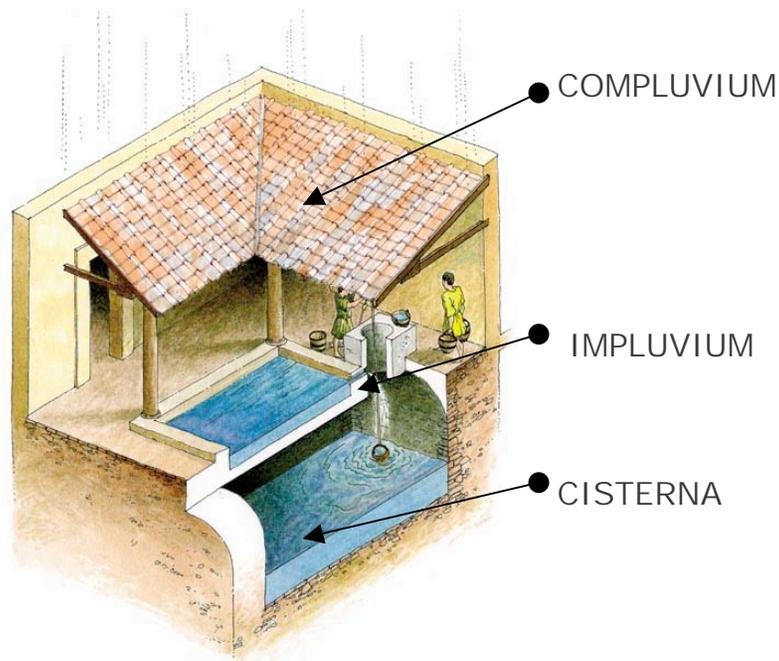


Figura 5. Partes de un sistema de agua pluvial en una casa romana.



Figura 6. Casa Romana



Figura 7. Agujero de desagüe.

⁵ Ibidem p.p.139

Reservas públicas

Estas reservas fueron construidas principalmente para aquellas personas que vivían en *insulae* que eran viviendas pobres usualmente departamentos de alta densidad. Estos elementos de almacenamiento conservaban la mayor cantidad de agua de lluvia en época de estiaje.

El proceso de llenado era similar al de las reservas privadas, sólo que las cisternas públicas eran cerradas el agua resbalaba por la bóveda exterior cuya parte central se construía *ex profeso* en forma de doble vertiente, e iba a caer directamente en la reserva⁶, tales cisternas no eran en realidad sino Impluvios colosales. Se dice que la mayoría de los impluvios romanos estaban hechos de piedra o de concreto constituido por un mortero de cal y arena, al que se agregan fragmentos de piedra de toba, puzzolana, entre otras piedras para adquirir consistencia.⁷



Figura 8. Cisterna de Livorno: La función de las Reservas Públicas Romanas era coleccionar el agua en el techo y almacenarla en la gran cisterna que se encontraba debajo del mismo inmueble.

⁶ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*. editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica. p.p.142

⁷ Instituto de tecnologías Educativas, Gobierno de España: centros5.pntic.mec.es/les.lucia.de.medrano/CBG/mat_constr.htm

Cuando los tejados de las reservas públicas no eran suficientes para abastecer de agua de lluvia a toda una ciudad, la superficie de recolección de agua se ampliaba usando terrazas y plazas con ligeras pendientes para conducir las escorrentías pluviales acumuladas hacia las cisternas.

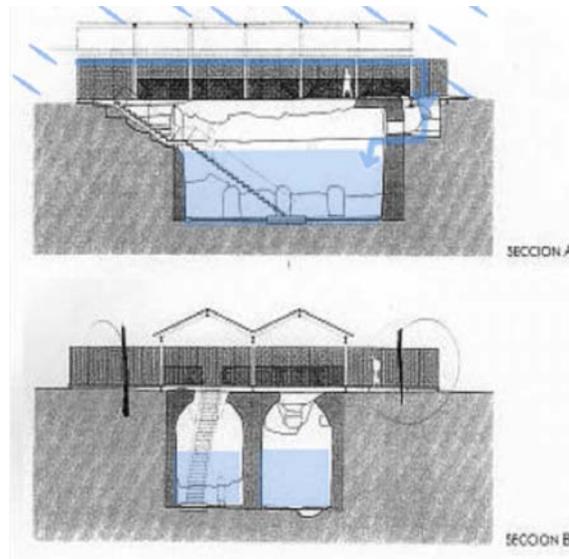


Figura 9. Corte esquemático de cisternas romanas de cámaras paralelas.

Las reservas públicas se encontraban principalmente en zonas en las que había mucha gente y poca agua, sin embargo también existían para algunos sitios de entretenimiento en la ciudad como eran los teatros, baños públicos, circos y anfiteatros, así ellos mismos producían el agua que necesitaban para su mantenimiento y para las fuentes de agua limpia que usaba la gente para beber de ellas. La capacidad de estos reservorios llegó a ser de más de 14,000 litros de agua y aun así el agua pluvial llegó a sobrar. Ha podido calcularse, que la pluviosidad, pese a ser escasa... suministraba al año una cantidad de agua prácticamente tres veces mayor que lo que las reservas podían contener.⁸

⁸ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*. editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica. p.p.142

La construcción de las cisternas fue un gran reto para los romanos, ya que éstas debían resistir la presión interna del agua, la presión externa, las dificultades que presentaban los sistemas de decantación y la impermeabilización.

Así pues la hermeticidad de las grandes cisternas dependía en mucho de la mano de obra; las paredes se cubrían con una gruesa capa de opus o argamasa que se impermeabilizaba con una capa de cal y arena llamada *opus signaninum* o mortero rojo.

Constructivamente se distinguen tres tipos de cisternas:

1. Cisterna de las cámaras con pilares: Tipo menos frecuente pero más impresionante. Estas espectaculares cisterna, estaban cubiertas por bóvedas de cañón en cuyos muros de arranque se abrían arcos apoyados sobre pilares; eran siempre subterráneas y el propio suelo soportaba la presión del agua⁹, generalmente estas reservas de gran capacidad solo recibían el agua de los acueductos, sirviendo así como depósitos de tirada y no poseían un sistema de decantación. Algunos ejemplos son la Piscina Mirabilis la cual se encuentra al sur de Italia frente a Cabo Miseno construida en el siglo I a.C.¹⁰ y Yerebatan Sarayi localizada en Estambul, Turquía edificada en el año 532 a. C.¹¹



Figura 10. Yerebatan Sarayi, ejemplo de cisterna de cámaras con pilares.

⁹ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*. editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica. p.p.149

¹⁰ www.ulixes.it/english/e-pgozafr06.html

¹¹ www.yerebatan.com/english/index.htm

2. Cisterna de cámaras abovedadas sin pilares: Se presentaban en forma de galería con una bóveda de medio punto y eran bastante más largas que anchas. Esta forma peculiar se debe a que se ejercía una presión más fuerte contra las paredes interiores, su estructura misma reducía su capacidad real, no permitiéndoles recibir un gran volumen de agua.¹² Algunos ejemplos son la cisterna de Albano y la Cisterna de la Salle ambas localizadas en Italia y construidas en el Siglo II antes de Cristo.



Figura 11. Cisterna de la Salle, ejemplo de cisterna de cámaras abovedadas sin pilares



Figura 12. Cisterna de Albano, ejemplo de Cisterna de cámaras paralelas.

3. Cisterna de cámaras paralelas: Estas cisternas son un grupo de unidades adyacentes y superpuestas, de cisternas abovedadas sin pilares, su función fue permitir el paso lento del agua de una cámara a otra, facilitando y mejorando la decantación. No era necesario enterrar estos depósitos, bien podían estar en el punto más alto de un terreno o de un departamento de alta densidad o insulae, la disposición misma de dichas cámaras posibilitaba un suministro mixto. Algunas veces el agua de un acueducto podía entrar en una cisterna mientras que las lluvias seguían alimentando las restantes. Estas cisternas fueron altamente recomendadas por Vitruvio por sus múltiples ventajas¹³, un ejemplo conocido son las Cisternas de Albano en Italia.

¹² Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*. editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica. p.p.149.

¹³ VITRUVIO, Marco (1997). *Los diez libros de la Arquitectura*. Editorial Alianza, Madrid, versículo 50-51 p.p.207

El sistema de recolección de agua pluvial fue preservado y mantenido aún cuando los acueductos comenzaron a existir ya que en momentos de desastre como la falta de agua potable en algún acueducto por mantenimiento o por daños causados debido a desastres naturales, el método de recolección de agua pluvial era infalible; sin embargo, a pesar de los ingeniosos sistemas de decantación de los romanos, existieron inconvenientes en cuanto al uso de reservas públicas y privadas, como fue la presencia de: musgos, moho, arenillas, impurezas, barros y limos.

Manejo de Aguas Negras en las Ciudades Romanas

En un inicio, los desechos fecales se depositaban en una pequeña cubeta cilíndrica de mármol y se vendían después de determinado tiempo como abono. Acto seguido los romanos crearon baños y utilizaron el agua para limpiar los desechos humanos, por lo mismo comenzaron a canalizar las aguas residuales, sin embargo sus canalizaciones no eran eficaces, ya que no sabían como manejarlas, por lo mismo tuvieron problemas de olor, gases, algunas enfermedades y contaminación entre el agua potable y las aguas negras. Con los años, aprendieron a usar el agua limpia de los acueductos y del agua pluvial, para aumentar el flujo de aguas negras y de esta forma evitar los gases y el olor de los desperdicios humanos, manejando las aguas negras mediante canales al aire libre con flujo constante. No obstante, no toda el agua limpia la utilizaban para movilizar las aguas sucias. Parte de las canalizaciones de agua pluvial y del agua proveniente de los ríos o manantiales, fluían a través de los cuniculli o galerías para conducir el agua hacia grandes pozos de almacenamiento.¹⁴

¹⁴ Malissard, Alain (2002). *Les Romains et l'eau*. editorial Les Belles Lettres, Estados Unidos de Norteamérica. p.p.225

La primera Gran Cloaca o gran alcantarilla romana, obra de Tarquino el Antiguo (616 a.C. 578 a.C.), rey de origen etrusco, sirvió principalmente para fertilizar la tierra usando las heces como abono¹⁵. La primera Gran Cloaca fue al inicio un canal a cielo abierto el cual fomentó el crecimiento de la ciudad. En el año de 520 a.C. , Tarquino el Soberbio, sucesor de Tarquino el Antiguo, convirtió este canal a cielo abierto en un canal subterráneo recubriéndolo con bóvedas, este canal llevaba el agua de lluvia, el exceso de agua provocado por las crecidas del río así como las aguas negras, todas las aguas en un solo canal. El agua pluvial jugó una parte importante en este sistema, ya que era necesaria para crear corriente, el agua de lluvia se encargó de la evacuación del agua que llevaba este canal hasta el día en que se construyeron los acueductos; con éstos había más suministro de agua potable la cual al ser usada se convertiría en agua negra y proporcionaba una corriente continua de agua en los canales de la Gran Cloaca.

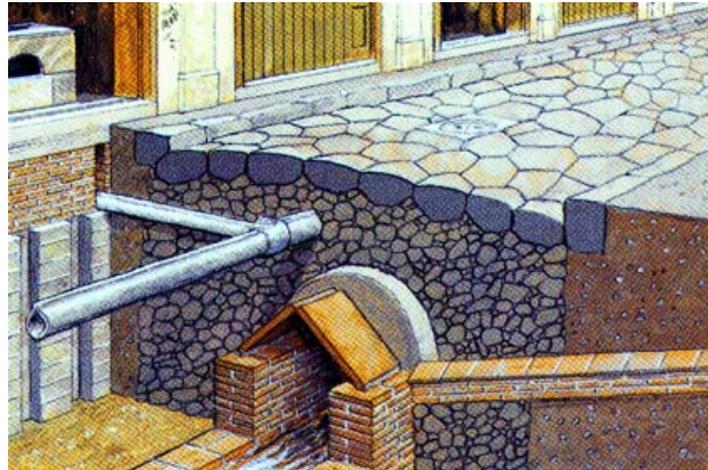


Figura 13. Vista del sistema de aguas debajo de las calles. El drenaje corría en la parte inferior central, llevando consigo aguas negras, agua de río/ manantial y agua pluvial para provocar corriente y los tubos superiores llevaban agua dulce o agua pluvial.

¹⁵ ROLDÁN, José Manuel. *Historia de Roma*. Universidad de Salamanca, España p.p.65-75.

De la Gran Cloaca surgió la Cloaca Máxima la cual es prácticamente un laberinto de desagües subterráneos, conforme la ciudad creció, aumentó la demanda de agua y la necesidad de evacuarla, por consiguiente se crearon los acueductos y más alcantarillas (312 a.C.).

Figura 14.
Corte de Acueducto
Aqua Claudia y Aqua
Anio Novus.

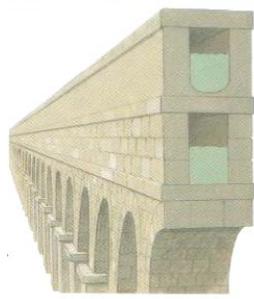


Figura 15.
Reconstrucción de un
baño romano
enjuagado con agua
limpia.

Otras ciudades romanas construyeron acequias y canalillos en las aceras en las que escurría el agua negra y estos canales se juntaban en las afueras de la metrópolis, evacuando los desechos hacia el río, el mar o el campo.



Figura 16. Imágenes de la Cloaca Máxima romana.



AMÉRICA

AMÉRICA PREHISPÁNICA

En América Prehispánica, el hombre comenzó a captar el agua ayudándose de vasijas y ollas de piedra, poco tiempo después entre el 2,300 y 1,500 a.C. empezó a crear utensilios y obras de infraestructura destinadas a controlar el agua y mantenerla cerca, como fueron: sistemas de canales, depósitos y diques para manipular el agua pluvial. Los elementos hidráulicos en las sociedades prehispánicas del periodo Preclásico, Clásico y Posclásico fueron determinantes para el surgimiento de grandes imperios.

A continuación se verán ejemplos de recolección de agua pluvial en: Chichén Itzá, Monte Albán, Teotihuacan, Chacaltzingo y Perú.

Yucatán, México- Chichén Itzá y el Puuc.

Chichén Itzá es una ciudad maya asentada a 120 Km. de la ciudad de Mérida sobre una superficie ligeramente ondulada y rodeada de depresiones naturales, perteneciente al Posclásico Temprano. Las obras hidráulicas de esta metrópoli, construidas por los Itzales, junto con su arquitectura hacen de Chichén Itzá un importante centro de investigación.

A pesar de que Chichén Itzá contaba con cuerpos de agua naturales como: cenotes, aguadas y rejolladas, los mayas se prevenían para las épocas de estiaje, almacenando el agua en chultunes.

Las ciudades pertenecientes al Puuc no corrían con tanta suerte como la de Chichén Itzá, ya que el Oeste de Yucatán se caracteriza por lomeríos grandes naturales, afloramientos de roca caliza y por la carencia de aguas superficiales y cenotes; por lo que la mayoría de éstas metrópolis pertenecientes al Puuc se mantenían a base del agua de lluvia, almacenándola en chultunes o aljibes mayas.

Los chultunes son depósitos excavados en el Sascab y Roca Madre los cuales se utilizan para almacenar el agua de lluvia. Para su correcto funcionamiento poseen una zona de captación, la cual era el factor más importante de los chultunes¹⁶, ya que se debía tener siempre lleno el depósito de agua de lluvia.

Las zonas de captación podían ser:

1. Plazas
2. Techos de casas
3. Desniveles en la tierra.

Cabe mencionar que la roca madre se encuentra muy cerca de la superficie en Yucatán y los antiguos peninsulares la tomaron muy en cuenta para construir sus chultunes ya que el chultún es un sistema de almacenamiento pluvial y por lo tanto no están contruidos de materiales permeables en y no almacenan agua subterránea.

¹⁶ ZAPATA, Renée (1989). Los chultunes, México, INAH p.p. 25

Los chultunes se componen de cinco partes esenciales, aunque la forma cambia dependiendo del sitio, y son:

- a) Perímetro mínimo de captación: Zona limitada por alineaciones de piedra formando círculos concéntricos alrededor del chultún no mayor a un radio de 1.50 m, este perímetro se mantenía limpio para garantizar la pureza del agua.
- b) Perímetro máximo de captación: Esta zona podía ser cualquier superficie amplia que captara el agua de lluvia, dícese de techos y plataformas en desnivel creadas alrededor de los chultunes.
- c) Boca: Sección generalmente circular en la cual penetra el agua pluvial, esta zona estaba cubierta por una tapa de piedra o de madera.
- d) Cuello o Garganta: Esta zona se divide en dos: La parte superior formada de piedras labradas unidas con estuco y la inferior formada con roca madre. La longitud del cuello es variable y en algunas ocasiones puede no estar presente en el chultún.
- e) Cámara: Es el cuerpo del depósito. Su forma y dimensión es variable, sus paredes van siempre cubiertas por una capa de aplanado de estuco y el material que forma las paredes varía de acuerdo a la región. Algunas cámaras estaban decorados con seres acuáticos y zoomorfos.

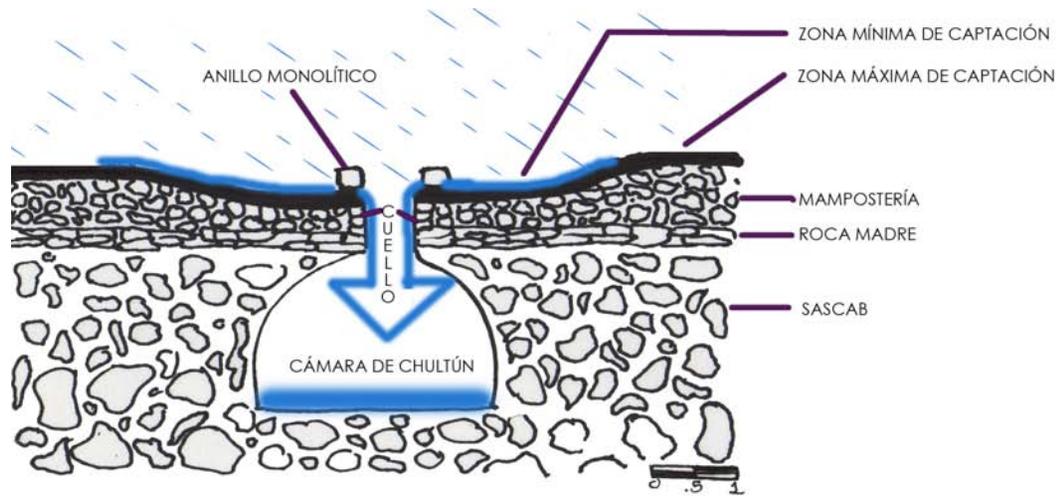


Figura 17. Sección de un Chultún

Un chultún es una construcción comúnmente asociada a los edificios, ya sean monumentales o no, que se encuentran a nivel del suelo, o bien sobre plataformas o en nivelaciones construidas de tal forma que el agua de lluvia drene hacia el depósito.

Como lo mencionamos antes los chultunes tienen distintas formas dependiendo de la región y la necesidad. Sin embargo las más comunes son:

1) Tipo campana

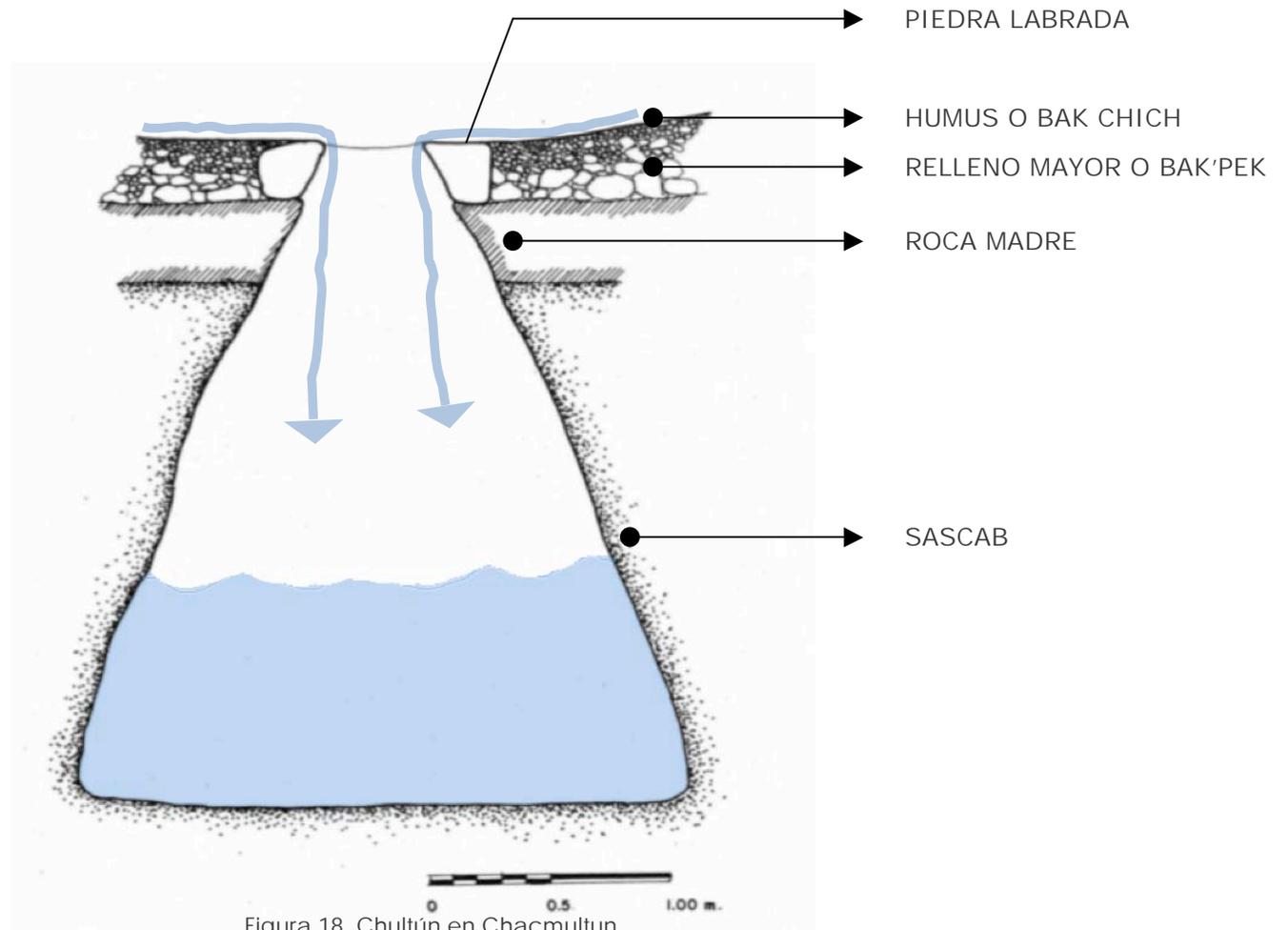


Figura 18. Chultún en Chacmultun

2) Tipo amorfo

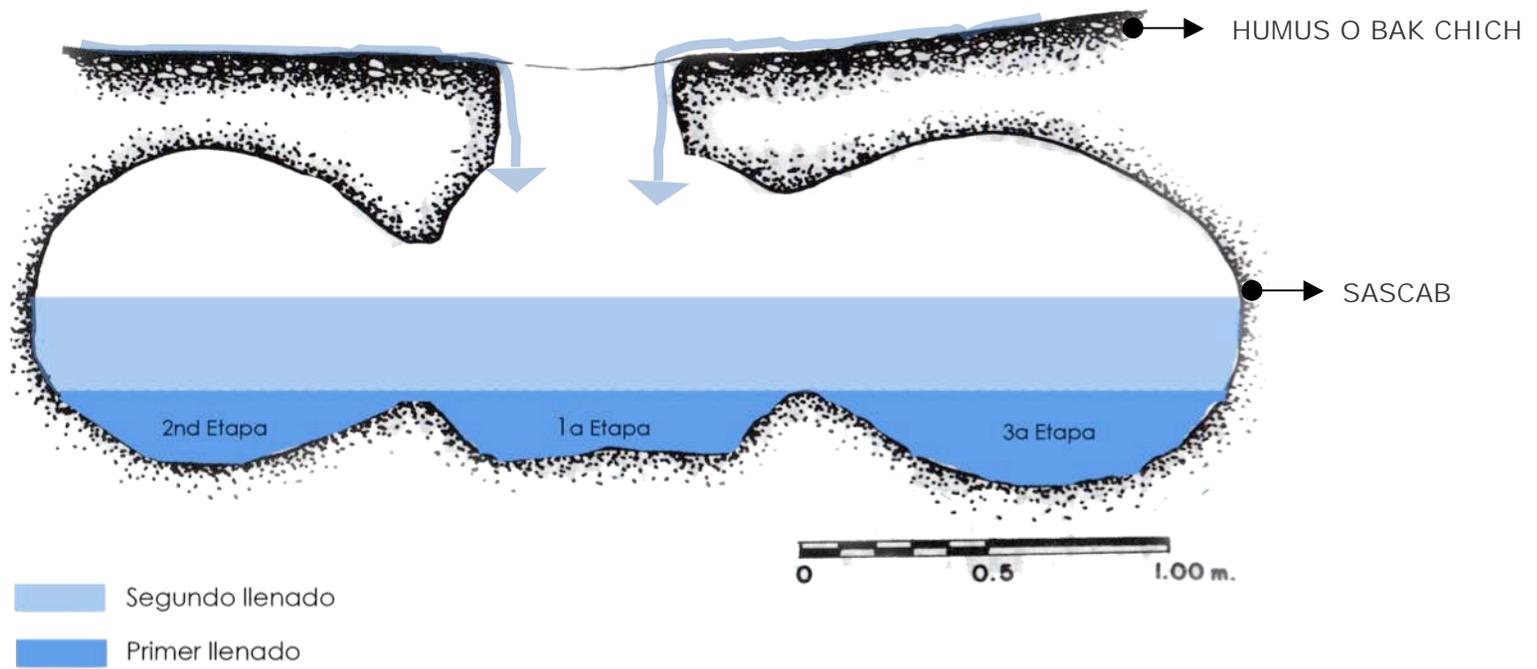


Figura 19. Chultún en Chichen Itzá.

3) Tipo botellón

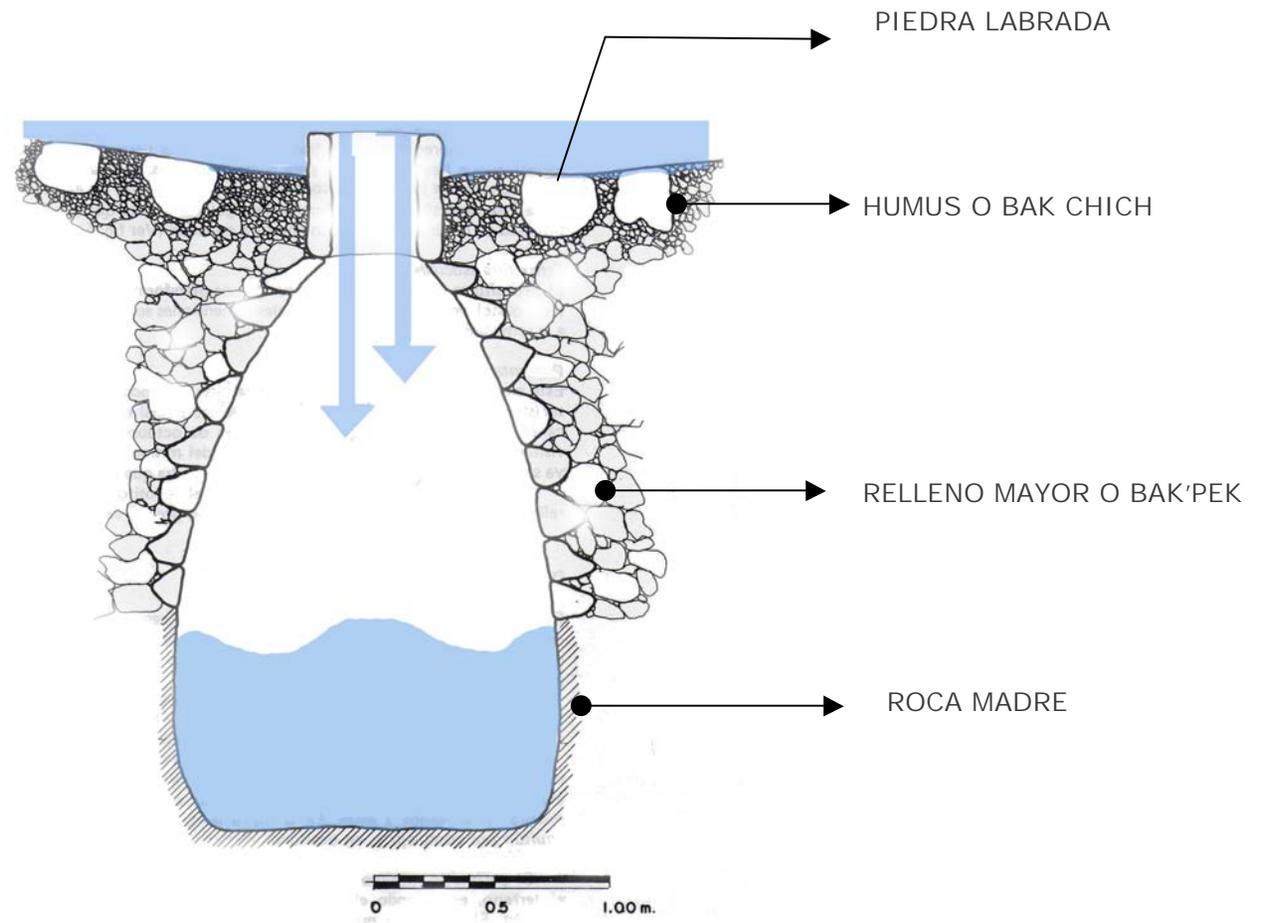
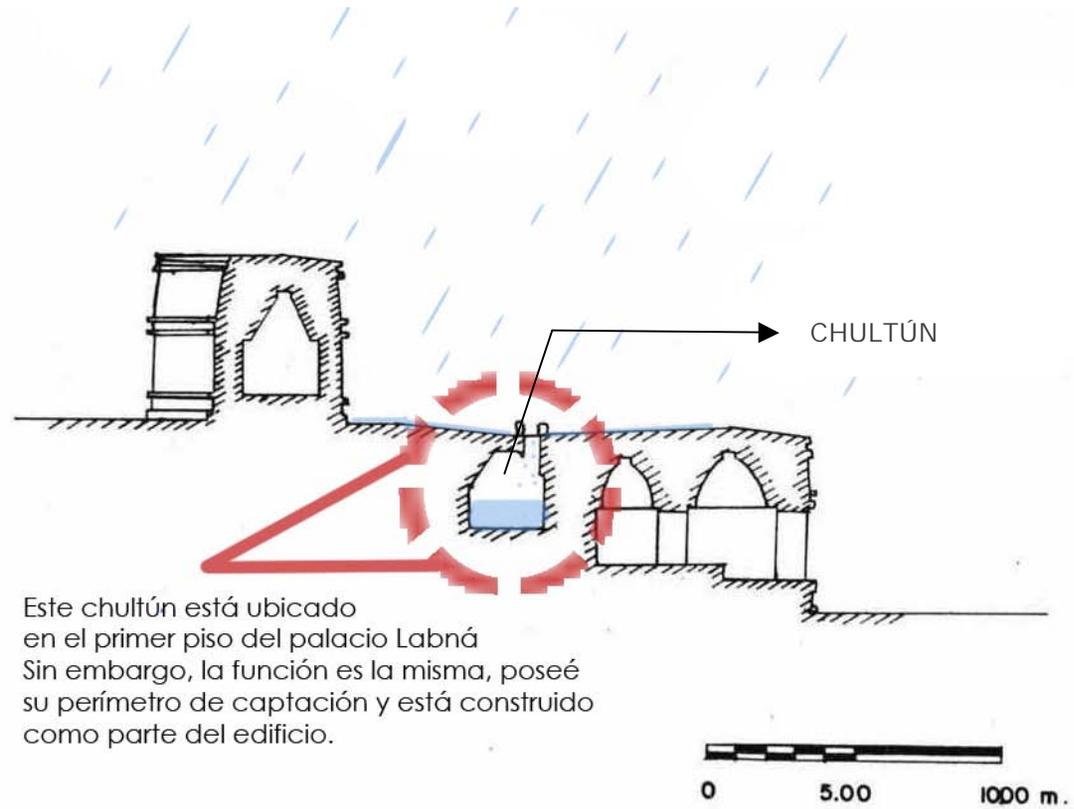


Figura 20. Chultún en Chichen Itzá

4) Tipo bóveda.

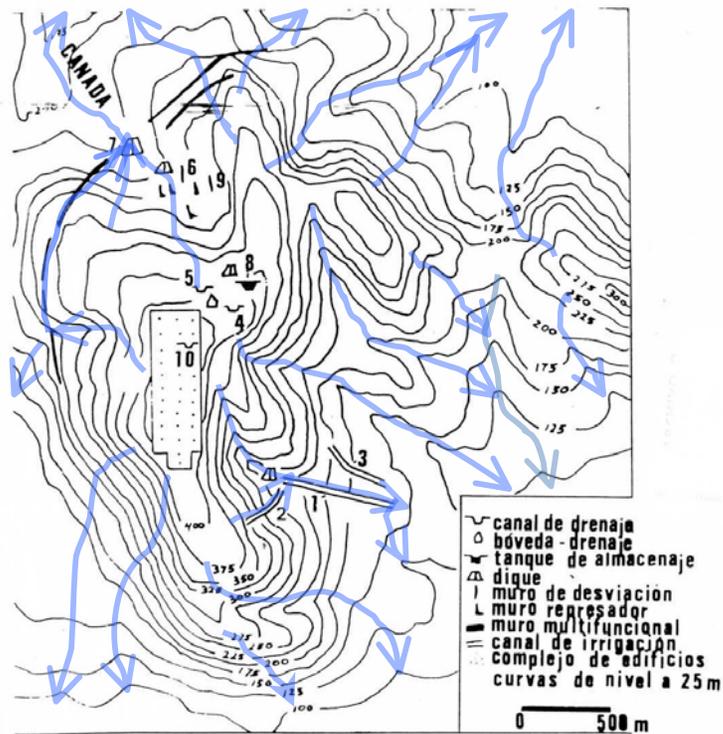


Este chultún está ubicado en el primer piso del palacio Labná. Sin embargo, la función es la misma, posee su perímetro de captación y está construido como parte del edificio.

Figura 21. Chultún en el primer piso del Palacio de Labná.

Oaxaca, México- Obras hidráulicas en Monte Albán.

En 1980 se encontró en la ciudad de Monte Albán un sistema de desagüe el cual fue pionero en el proceso de captación y reciclaje de agua de lluvia. Este sistema se compuso de declives orientados de distinta manera. Su función principal fue preservar, filtrar, manejar y aprovechar el agua pluvial para fines domésticos e irrigación de terrazas de cultivo.



En la ciudad se construyeron muros defensivos multifuncionales pero lo que más nos interesa es que delimitaba el sitio y desviaba el agua hacia algún dique o estanque, los cuales se establecían cerca de la plaza (Figura 23, número 8). De esta manera los constructores de Monte Albán nos demuestran lo cuidadosos que fueron para proveerse de agua pluvial, la cual utilizaron principalmente para la irrigación y los servicios de la ciudad. Dada la edificación en la cima de la montaña, los habitantes de Monte Albán implementaron sistemas de captación de agua de lluvia, para el uso doméstico y con el interés de mantener los cultivos en los flancos de la montaña.¹⁷

Figura 22. Monte Albán (1980). Vestigios de control del agua en la montaña.

¹⁷ SANSORES, Francisco Javier (1992) .Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias. p.p.19

Por otro lado, construyeron pozos de desagüe con distintas capas de tierra de diversas texturas, en plazas, plataformas, patios y estancias. El fin de estos pozos según SASORES (1992) era almacenar el agua por un corto periodo e infiltrarla lentamente hacia el subsuelo.

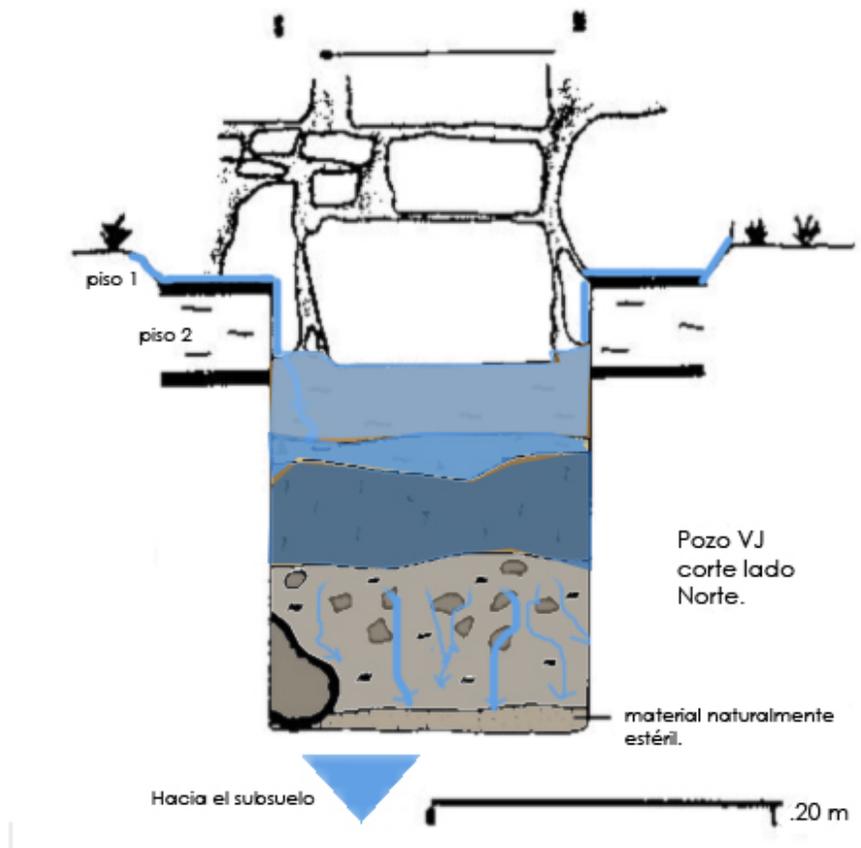


Figura 23. Ejemplo de un pozo de infiltración en Monte Albán. El agua es conducida hacia el pozo y va llenando cada una de las capas, cuando la primera capa llega a su capacidad de campo pasa a a segunda, después a la tercera la cual al llegar a la máxima capacidad de retención de agua pasa a la última capa compuesta por tierra permeable y piedra las cuales favorecen la infiltración hacia el subsuelo .

Estado de México, México-Teotihuacan

Ciudad del periodo Clásico situada en el Valle de Teotihuacan, al noreste de la Cuenca de México. El área aproximada del valle es de 600 kilómetros cuadrados y la altura sobre el nivel del mar fluctúa entre 2,240 y 2.300 metros. Limita con el Cerro Gordo, el Cerro Malinalco y el Cerro Chiconautla al norte, al noreste con la planicie de Tepeapulco-Apan que funciona como parteaguas en la zona del valle, Al oriente con el Río Frio, el Cerro de Cuauhtlatzinco y hacia el sur – sureste con la cadena Montañosa denominada Sierra de Patlachique.



Se cree (Mooser 1968) que Teotihuacan creció en un paisaje boscoso, volcánico y pedregoso, al oriente de manantiales y rodeado por abundantes ojos de agua, localizado entre los abanicos aluviales que descienden de la Sierra del Patlachique y los escurrimientos del Cerro Malinalco.

El suelo de Teotihuacan está sobre Toba volcánica, conocida como tepetate, producto de la compactación de cenizas volcánicas a lo largo del tiempo. Cabe mencionar que este material favorece la impermeabilidad y las capas intercaladas favorecen el desarrollo de mantos freáticos.

Los teotihuacanos poseían un amplio conocimiento de su entorno, reflejado en las características de la planeación de su ciudad como la

Figura 24. Planta de Teotihuacan

canalización de ríos para ser integrados a la traza urbana, los canales de desagüe para el agua pluvial o para el exceso de agua en la ciudad, tanto en los techos como en los patios y los canales para regadío.

En esta ciudad prehispánica se encuentran 3 sistemas de manejo de agua pluvial.

Captación

En los conjuntos habitacionales se construían los cuartos con patio y junto con algunos centros ceremoniales poseían el sistema de captación de agua pluvial; se captaba en los techos, por lo que éstos presentaban cierta inclinación hacia la bajada de agua, desalojándola fácilmente, posteriormente era conducida a canales a cielo abierto, permitiéndole fluir hacia áreas más bajas. Los pisos tenían un desnivel para la captación y desalojo de agua hacia las alcantarillas para conducir las por una red de drenajes subterráneos hacia el río o cisterna de agua pluvial más cercana.

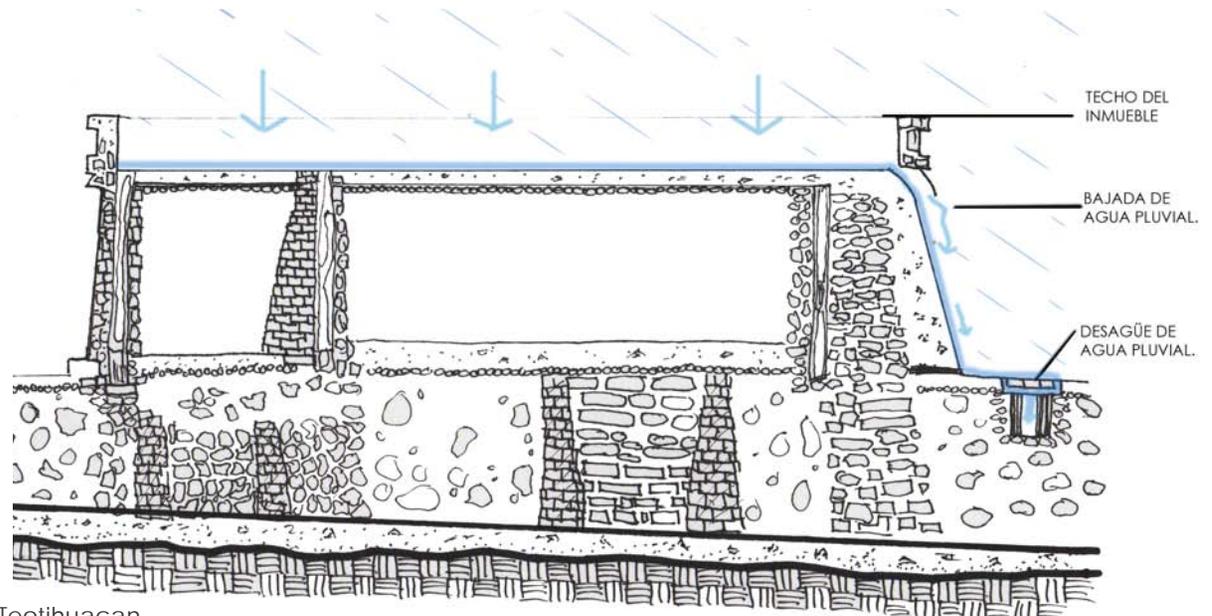
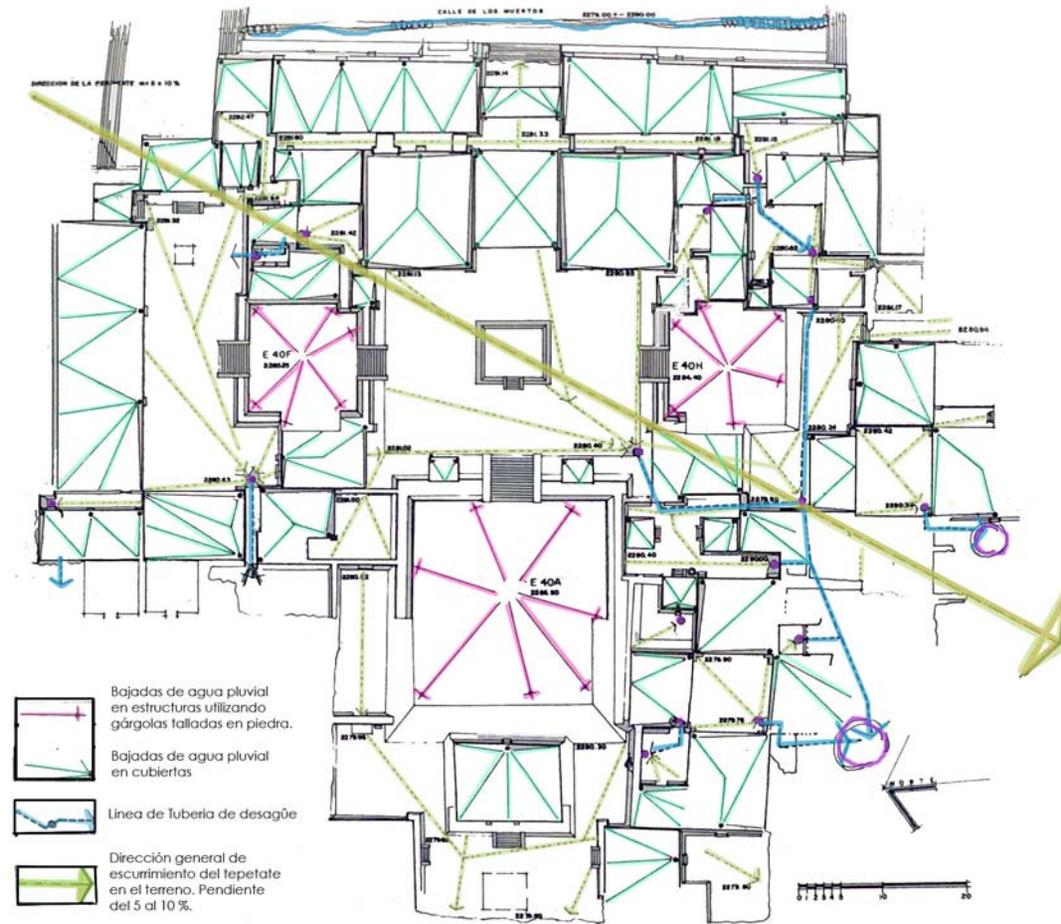


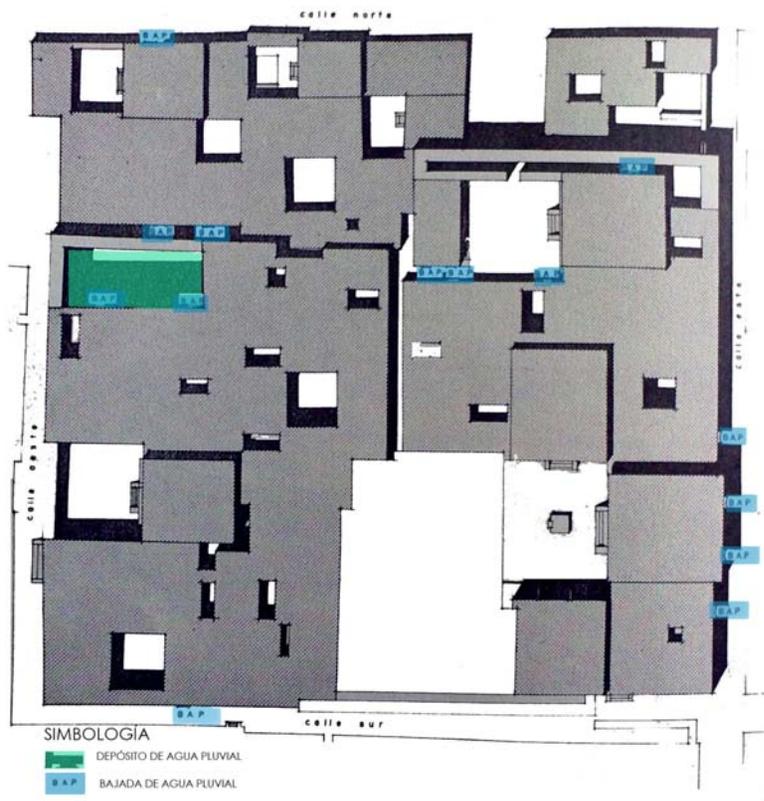
Figura 25. Detalle constructivo de un techo en Teotihuacan.

El agua de lluvia cae en el techo para ser conducida mediante una pequeña pendiente hacia la abertura de la bajada de agua pluvial, para así llegar al desagüe pluvial que se interconectaba con diferentes canales que dirigen el agua hacia un depósito para almacenarla o hacia el desagüe principal, que era la calzada de los Muertos.

Figura 26. Escurrimientos y bajadas de agua pluvial en el Conjunto Plaza Oeste en Teotihuacan.



En el conjunto Plaza Oeste, se recurrió a unos elementos arquitectónicos específicos en la arquitectura Teotihuacana que son las columnas adosadas a los muros siempre del lado exterior semejantes a las columnas-castillos actuales, para definir los lugares de escurrimiento de las bajadas de agua pluvial. La única condición para permitir el escurrimiento es dejar un orificio exactamente en el centro de su cara principal en la unión inferior a la cubierta.¹⁸



Las Cubiertas tienen como constante el siempre escurrir hacia espacios abiertos cercanos en los cuales se ubican drenes o ductos que permiten desalojar el agua para llevarla al desagüe principal o conducirla hacia algún depósito para su posterior uso. En la mayoría de las casas, un espacio abierto se encuentra rodeado de superficies de piso que presentan desniveles.¹⁹

Figura 27. Bajadas de Agua pluvial en Tetitla, Teotihuacan
(Ver Figura 33)

¹⁸ MORELOS García, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacan*. Colección Científica INAH, México p.p. 58

¹⁹ Ibidem p.p. 54

Conducción.

Canales: Los canales que se usaban para la conducción de agua pluvial son denominados como desagües primarios. Según el Arqueólogo Nava²⁰ aquellos canales o drenajes que ramifican desde el interior de las unidades arquitectónicas, los cuales se originan desde un patio o plaza o algún otro espacio abierto localizado al interior de la ciudad.



La característica de estos canales es que sirven para desalojar el agua pluvial y el escurrimiento de los techos de las habitaciones que rodean estos espacios.²¹

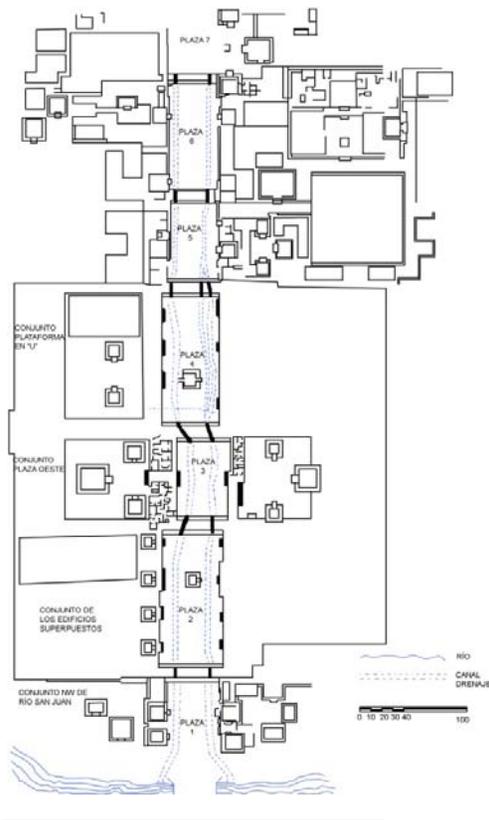
Los conductos se encuentran contruidos de piedras lajas, bloques de cantera tallados o de piedras aglomeradas al estilo mamposteo unidos con argamasa o arcilla y un revestimiento de argamasa de cal con gravilla de tezontle para la impermeabilidad; los drenajes se encuentran cubiertos por uno o varios pisos de apisonado y algunos pasan por debajo de algunas edificaciones para después desembocar en otro canal.

Figura 28. Canales Subterráneos en el conjunto de Tetitla.

²⁰ NAVA Rivera, Felipe de Jesús (2008). *Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacan*. Tesis ENAH p.p. 119.

²¹ Morelos (1993) p.p. 60

Otra característica de estos canales es la eliminación de impurezas, las conocidas trampas de arena o colectores de sedimentos “están situados al final del drenaje primario y se encuentran constituidos por una fosa de diferentes dimensiones realizada en tepetate.²²” Limpiaban las impurezas para que al llegar al depósito no estuviera contaminada y pudiera utilizarse para beber, para regar o para asear las casas. Las impurezas se acumulaban al fondo del depósito y ya lleno el agua se desbordaba al siguiente canal para su posterior salida.



El otro tipo de canal es el canal secundario, el cual será tomado en cuenta debido a que desaloja el agua de los canales primarios en los ríos o arroyos cercanos, está ubicado en las calles primarias de la ciudad y . “tiene como característica principal formar parte del conjunto habitacional y funcionar como división de unidades y conjuntos”²³Es de mayor dimensión puesto que conduce un mayor torrente, su declive es más pronunciado y por lo regular está cavados en el tepetate.

Figura 29. Canal de desagüe principal en la Calzada de los Muertos.

²² NAVA Rivera (2008) p.p. 123

²³ NAVA Rivera p.p. 127

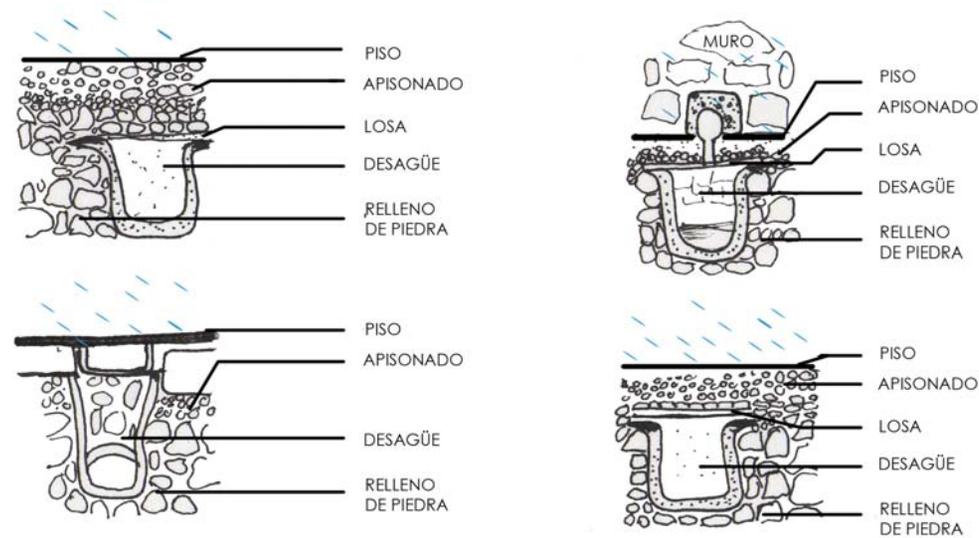


Figura 30. Canales de desagüe en la Calzada de los Muertos.

Infiltración -patios hundidos.

Como se mencionó anteriormente, los patios fueron receptores de agua pluvial. Los patios hundidos son descritos por algunos autores como Sejourné²⁴ como un sistema parecido a los impluvios romanos; sin embargo se cree que los patios hundidos no almacenaban agua sino que la recibían y canalizaban ya que su acabado semifino de tepetate permitía la filtración de agua.

²⁴ SEJOURNÉ, Laurette(1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*, Editorial siglo XXI. México p.p. 120-132.

Los pisos de los patios estaban adecuados para conducir el agua hacia uno de los extremos, en donde se encontraba el orificio de desagüe, ²⁵ el cual servía para evitar que la basura penetrara al drenaje.



Figura 31. Patios dentro de una casa



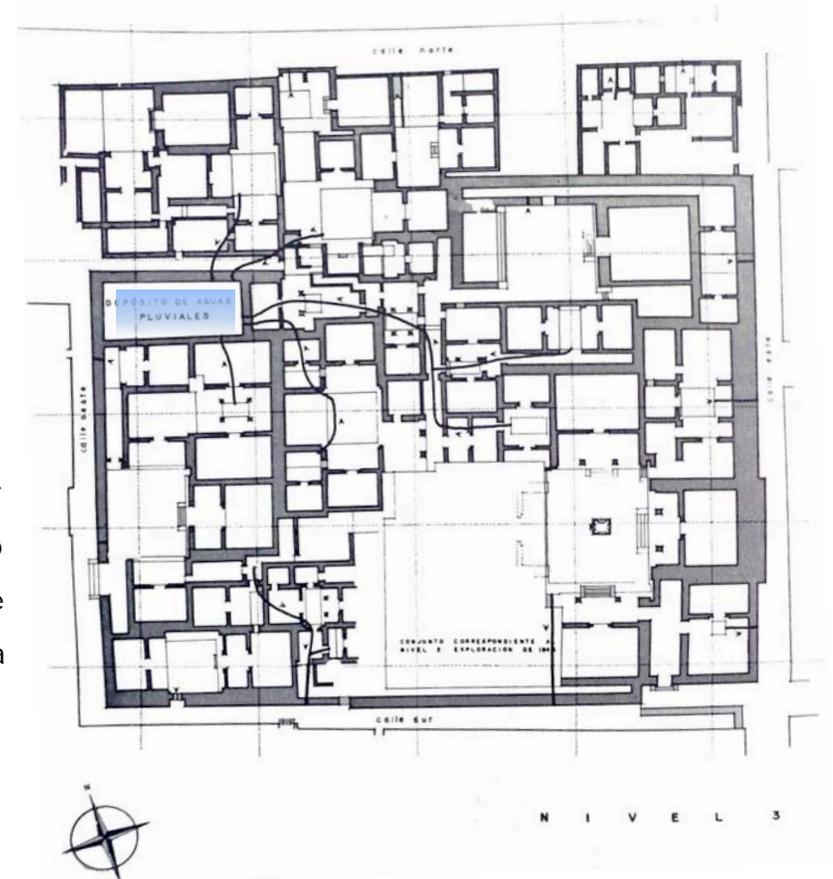
Figura 32. Patio dentro del conjunto Tetitla

²⁵ SEJOURNÉ, Laurette(1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*, Editorial siglo XXI. México p.p. 128.

Almacenamiento

Depósitos de agua. Estos almacenes de agua se encuentran al interior de las unidades habitacionales de Tetitla, fueron utilizados en época de estiaje para abastecerse localmente aunque también se encontraron depósitos para el servicio comunitario para dotar de agua a muchos habitantes. Los ejemplos de depósitos son escasos, sin embargo, Sejourné ²⁶, describe uno encontrado en el conjunto Tetitla ubicado al Oeste del Conjunto Plaza Oeste, ver Figura 25 para ubicarla en el plano, el cual era un contenedor a manera de aljibe. La mayoría de las canalizaciones se dirigen a ese lugar que, con sus bajadas de agua y los dos canales que lo recorren, muestra ser un auténtico depósito²⁷. Varios drenajes del conjunto descargaban en este elemento de almacenamiento, por lo que es probable que la acumulación de agua fuera aprovechada para el consumo de la unidad habitacional.

Figura 33. Depósito de agua pluvial y red de desagüe en Tetitla



²⁶ SEJOURNÉ, Laurette (2002). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacán*. Siglo XXI editores p.p. 73.

²⁷ SEJOURNÉ, Laurette (2002). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacán*. Siglo XXI editores p.p. 73.

Desagüe o Desalojo.

El sistema de desagüe en Teotihuacán se determinó en base a la pendiente, siguiendo la distribución y ubicación de los espacios de circulación. De manera que este sistema se ubica en lugares en donde se concentra el escurrimiento natural. Todos los ductos y la mayoría de los drenajes se ubican en los espacios abiertos: circulaciones, plazas o patios.

El Desagüe pluvial tiene como fin llevar el agua de lluvia al Río o al Manantial y el Desagüe principal de Teotihuacán se encuentra en la Calzada de los Muertos el cual desemboca en el Río San Juan Teotihuacán.

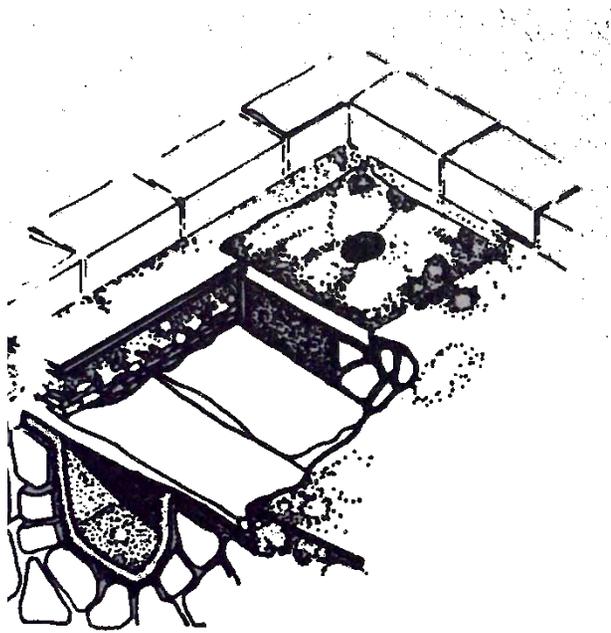


Figura 34. Registro en losa en conjunto Plaza Oeste.

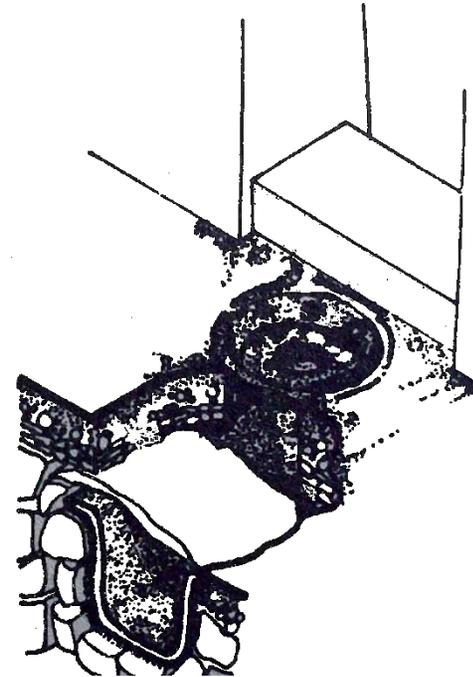


Figura 35. Registro de Mortero de roca basáltica

Morelos, México-Chacaltzingo

La zona de estudio se encuentra situada en medio de dos acantilados, el del cerro de la Cantera y del cerro Delgado los cuales se encuentran a un costado del río Amatzicnac Tenango que delimita la cuenca Oriental del estado de Morelos.

En este sitio se encuentran profundas barrancas formadas por los glaciares provenientes del volcán Popocatepetl, y el clima es húmedo de mayo a septiembre en temporada de lluvias y seco en los meses restantes hasta la primavera por lo cuál el agua de lluvia era almacenada en tiempos de secas e infiltrada en la temporada pluvial.

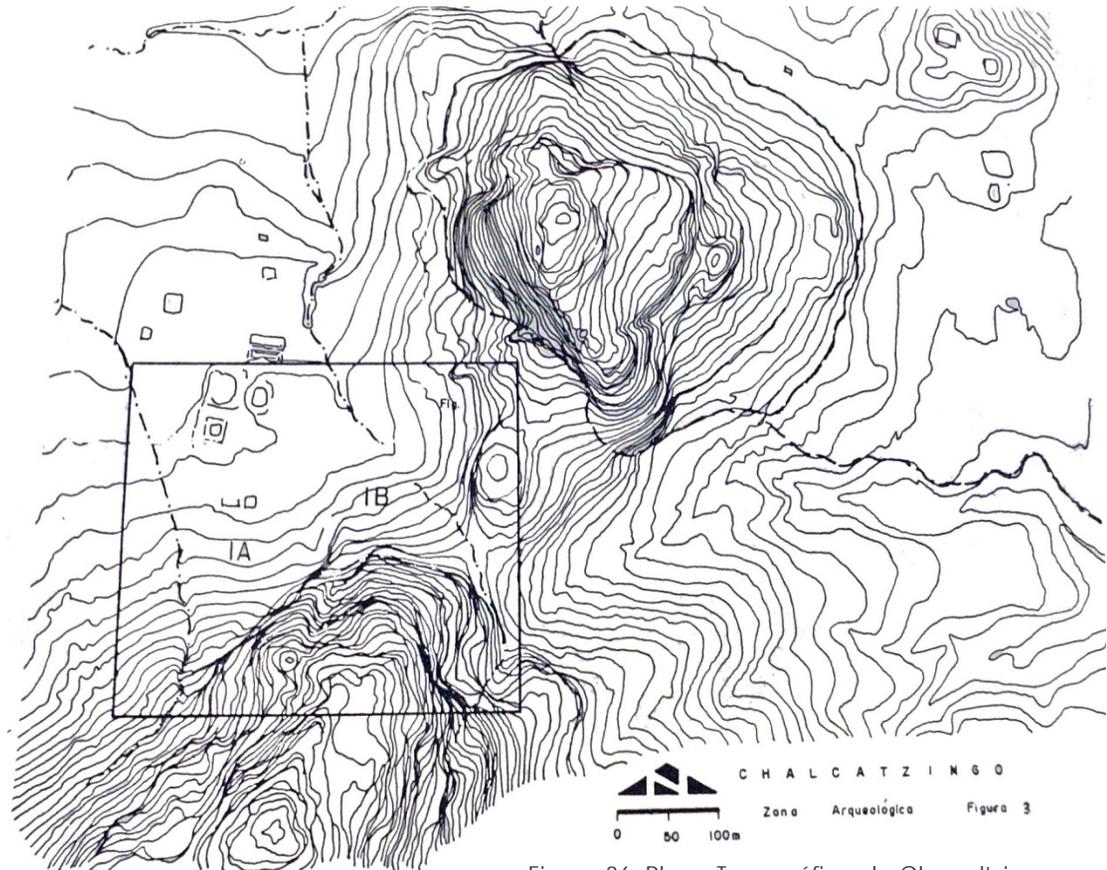


Figura 36. Plano Topográfico de Chacaltzingo.

El asentamiento urbano de los Olmecas en Chacaltzingo data del Preclásico Inferior al Medio (1800 a.C.-110 a.C.). A pesar del paso del tiempo aún se mantienen las obras que estos grupos realizaban con tal de detener la erosión en la montaña, como fue la conservación de la tierra al construir “muros sobre las laderas, en donde se retuviera y quedara depositado el material de arrastre, formando una terraza o plataforma horizontal. Un sistema con el que se logró prolongar la humedad de las aguas que escurrían de la ladera durante temporada de lluvias.”²⁸

Los Olmecas de Chacaltzingo tuvieron la visión y precaución de adaptarse al ambiente circundante para construir sus obras de manera tal que aprovechaban los recursos naturales para el abastecimiento de su pueblo y autoconsumo sin destruir el paisaje natural, en diversas obras materiales, se hace evidente el ingenio indígena que aprovechaba las peculiaridades de los diversos tipos de terreno para adaptar el sistema de cultivo más adecuado a cada uno de los casos, con el fin de obtener alimento suficiente con el cual pudieran lograr el mantenimiento y crecimiento de los grupos sociales, sin transformar ni alterar el balance ecológico de manera drástica.²⁹ En el trabajo de Angulo³⁰ se mencionan 7 sistemas de aprovechamiento hidrológico los cuales utilizaron el agua pluvial de alguna manera.

Ya que el río Amatzicnac, que era el río más cercano, se encontraba a 3 Kilómetros de distancia del asentamiento, los indígenas debieron encontrar una manera distinta para obtener agua y esta forma la hallaron al utilizar el agua pluvial.

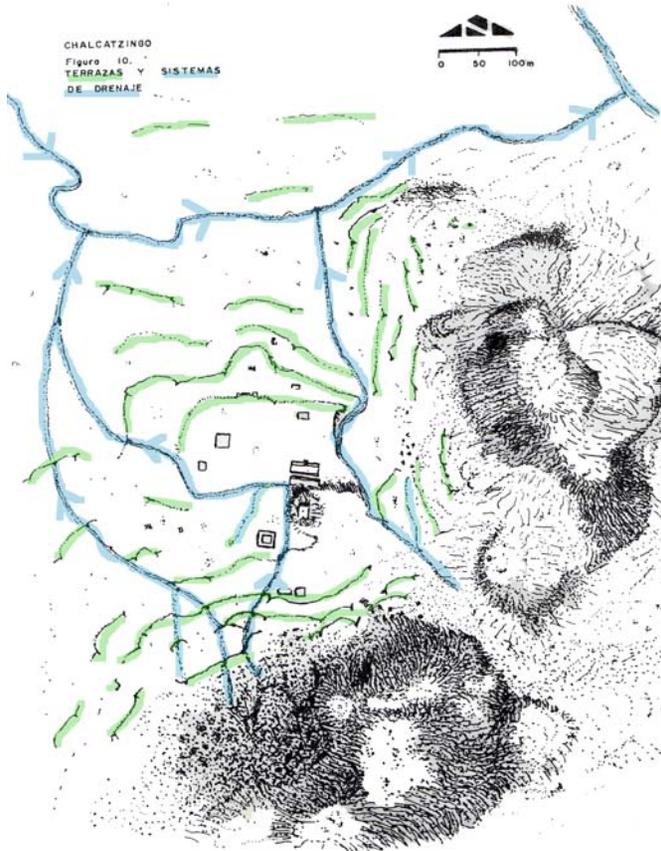
A continuación se nombrarán los sistemas descritos por Angulo y de qué manera manejaban el agua pluvial.

²⁸ ANGULO VILLASEÑOR, Jorge.(1990). *El Axayotl: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo Agricultura indígena: pasado y presente*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa CHata México D.F. p.p.89

²⁹ ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. Arqueología 2 . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 42

³⁰ ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. Arqueología 2 . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 37-83

Terraceado: Construido por un muro de retención hecho a base de piedras aglutinadas con lodo, formando un pequeño talud sobre la ladera de la montaña para evitar la pérdida de tierra por la erosión y prolongar la humedad de esta tierra acumulada, que forma un nivel horizontal a la altura de la ringlera de piedras de retén.³¹



La construcción de terrazados fue practicada por grupos mesoamericanos, sin embargo, algunos investigadores como R. West (1970) han encontrado distintos materiales y técnicas constructivas las cuales cambian de acuerdo a la región, como el Metapanclé o Tepemexcalli, que son semiterrazas con filas de magueyes que delimitan el terraplén.

Al pasar el tiempo, algunas terrazas se han integrado al paisaje natural del sitio, sin embargo, quedan vestigios de que el terraceado fue creado para aprovechar el material erosionado de los cerros, mantener la humedad en el suelo y prolongar el buen estado de los cultivos. El sistema de terraceado de relleno fue una ingeniosa solución usada en Mesoamérica desde el Preclásico medio (1200 a.C.-800 a.C.) con lo que se aprovechaba la erosión natural de la ladera a la vez que se prolongaba la humedad en los terraplenes construidos y otras pendientes niveladas artificialmente sobre las llanuras.³²

Figura 37. Terrazas y sistemas de desagüe en Chacaltzingo.

³¹ Ibidem p.p.48

³² Ibidem p.p. 51

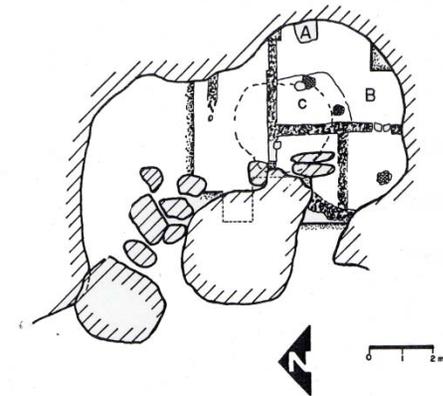
Aguadas y Jagüeyes: Aunque el autor los menciona como uno mismo, estos dos sistemas son distintos. Las aguadas son sistemas naturales como lagunas, lloraderos, ojo de agua, pozos naturales, los cuales tienen en común: su localización en las zonas más bajas y sus características de suelo ya que son suelos impermeables; por éstas propiedades almacenan el agua sin necesidad de que el hombre intervenga.

Los jagüeyes son zonas bajas en donde se acumula una pequeña cantidad de agua de lluvia, cuando son notadas por el hombre, las interviene, de tal manera que crea canales de recolección de agua de lluvia sobre escorrentías de cerros o en desniveles con pendiente alta para que lleven agua al jagüey y esté siempre lleno.

Canales: Era una obra complementaria de varios sistemas de obra hidráulica, usualmente hechos de roca.

Reserva de agua en Cueva: Se encontraron 25 cuevas las cuales se utilizaban como reservas de agua, la cueva que más menciona Angulo en su estudio fue la número 4, la cual contaba con un pequeño canal, el cual conducía el agua de escurrimiento desde el acantilado hasta el centro de la cueva, y hacia un pozo cuadrangular de medidas 180 cm x 230 cm y 15 cm de profundidad. Esta cueva que bien pudo haber sido utilizada con fines ceremoniales, aún conserva los 15 cm de su desnivel con agua de lluvia.

Ojito de agua: Aunque este sistema no se exploró a fondo para evitar la destrucción del mismo, ya que está deteriorado, año tras año se mantiene un

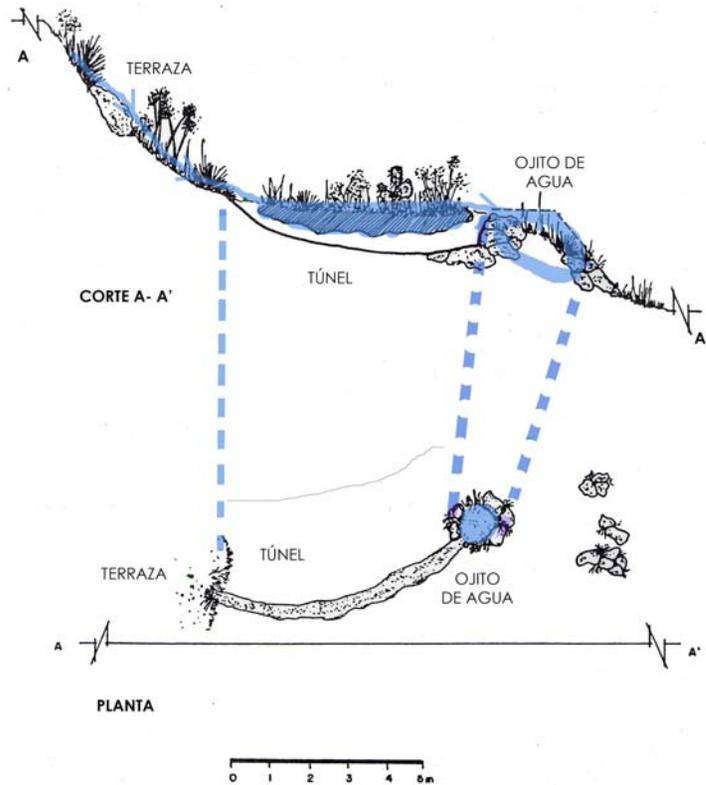


Chalcatzingo
 figura 4
 Cueva nº 4 del Cerro Delgado
 (explorada por R. Burton)

- restos de hogar
- A plataforma
- B piso estucado
- C depresión
- hueco en el techo de la cueva

Figura 38. Cueva No.4

pequeño depósito de agua pluvial llamado ojito de agua, el cual se recarga de agua de lluvia gracias a un túnel de 6 m de largo proveniente de una terraza.



Esta cisterna se encuentra bajo el suelo artificial de una de las terrazas por lo que podemos deducir que su edificación fue en base a la construcción de la misma, aprovechando la disposición natural de las piedras y el elemento natural. Este sistema pudo bien haber sido un antecedente del chultún maya.

Figura 39. Ojito de agua sobre terraza.

Diques: Fueron construidos para contener, modificar, aminorar el cauce de las escorrentías del cerro Portezuelo para proteger y aprovechar al máximo las terrazas. Fueron creados con piedras pequeñas y grandes en forma alineada.

Drenaje – aljibe o Axayotl: El sistema según Angulo y Grover (1974), se relaciona con una serie de relieves zoomorfos esculpidos en una roca ubicada en la parte superior del sitio llamada Roca del Rey, estos relieves con formas de animales representan una ceremonia para atraer la lluvia, unos metros debajo de esta roca se encuentra el sistema Drenaje-Aljibe. Sobre la gran roca de El Rey, se encuentra la división natural del alcantarillado por donde bajan fuertes escurrimientos pluviales de esa amplia sección de la montaña, formando la barranquilla que ahora denominamos sistema de drenaje-aljibe de El Rey.³³

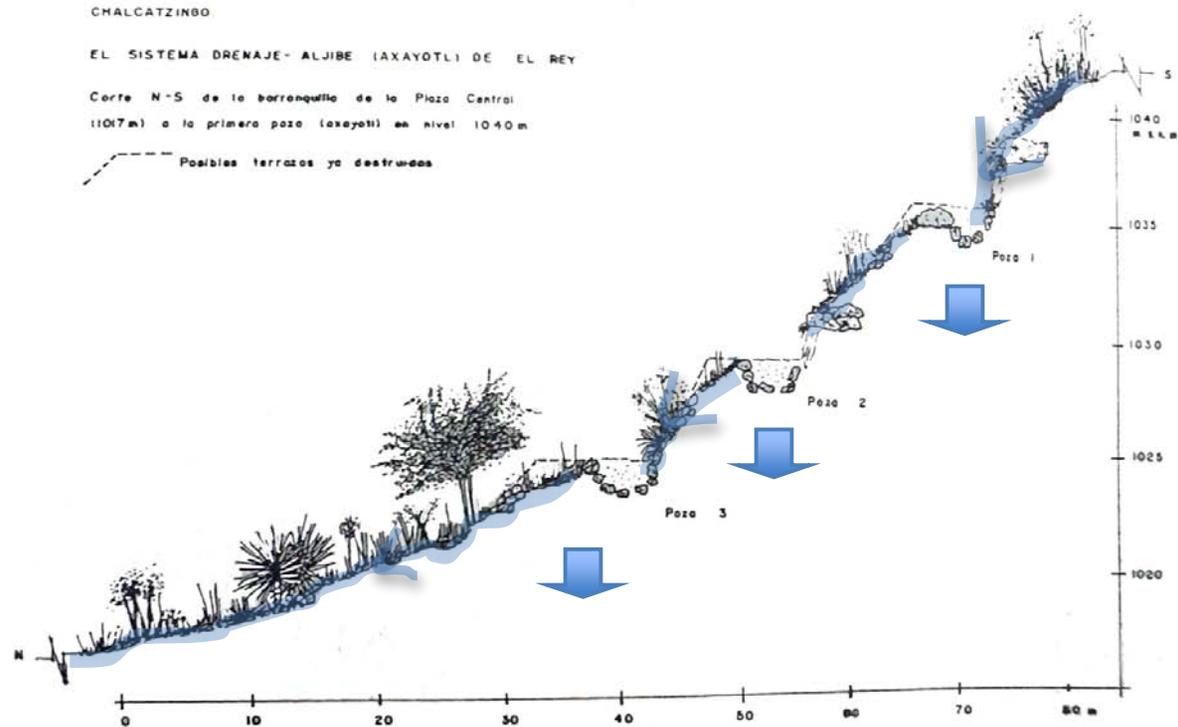


Figura 40. Posibles Terrazas del Sistema Drenaje-Aljibe

³³ Ibidem p.p. 92

Angulo explica que el sistema inicia con un canal de 2 cm excavado sobre una de las rocas, justo debajo de la Roca del Rey, este canal, más simbólico que funcional, parece haber sido destinado para encauzar una parte de los escurrimientos pluviales hacia once pequeñas pozas cónicas excavadas sobre la roca madre. Se localizaron tres grandes terraplenes prácticamente horizontales los cuales se distribuyen a lo largo del cauce natural que corta con el terracedo artificial sobre la ladera norte del acantilado, cada uno de estos terraplenes llevan un acomodo de rocas grandes con alineamientos preconcebidos sobre los laterales de una gran roca transversal al cauce, provocando así pequeñas albercas rectangulares con medidas de entre 3 m x 3 m y 3 m x 8 m adaptadas a las irregularidades del terreno y a la problemática del desplazamiento de grandes rocas.

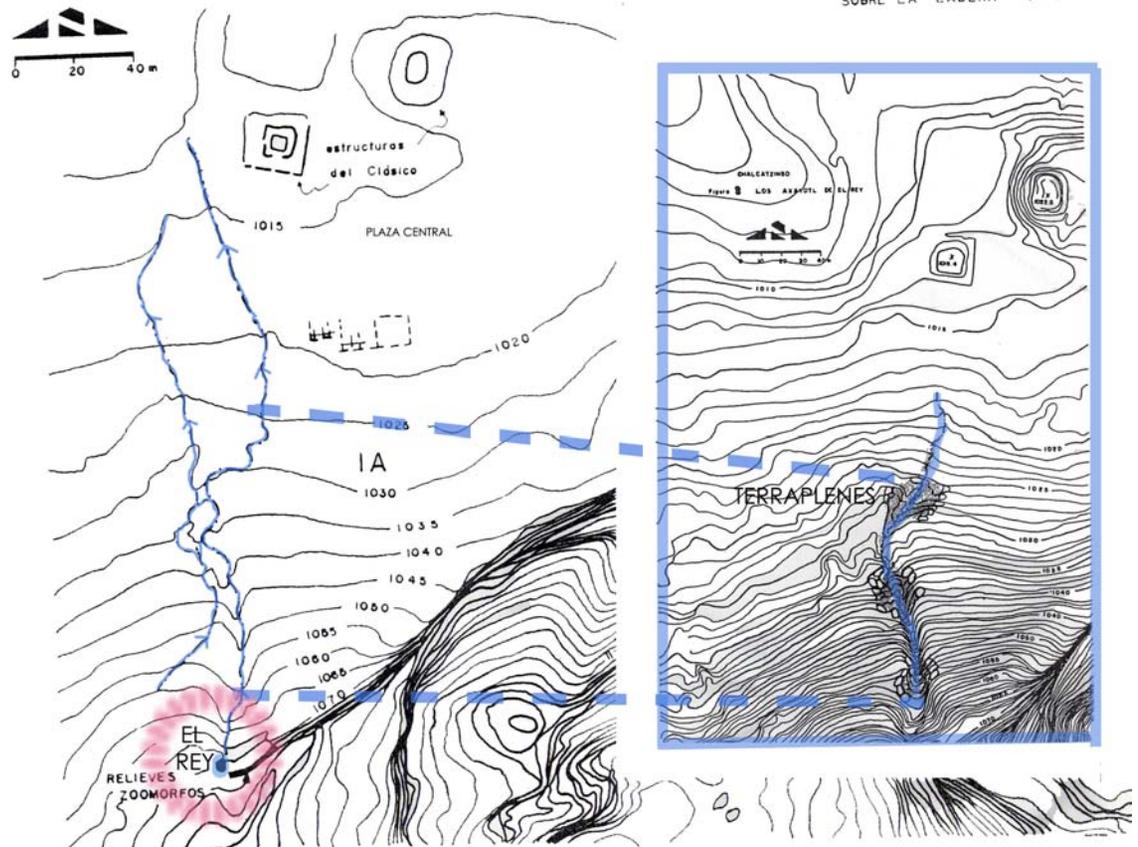


Figura 41. Planta del Sistema drenaje-aljibe o Axayotl del Rey. En azul se muestra el escurrimiento que pasa por el sistema Drenaje Aljibe y los lineamientos de los terraplenes rocas en las laterales del mismo.

Angulo explica que el sistema de terrazas servía para prolongar la humedad de la tierra, el sistema de excavar pozas o aljibes para retener volúmenes de agua utilizable para el uso doméstico era la lógica solución técnica correspondiente al mismo propósito, puesto que la labor manual a realizar sobre los cauces y barranquillas, sólo requería de horadar a mayor profundidad los sitios en donde la misma formación del acantilado llevaba escarpadas caídas de agua. La delimitación de las pozas se lograba al acomodar las piedras sobre los laterales formando muros de retén mientras que el nivel de su captación dependía de la altura de esos muros de contención, dejando que el derrame continuara la trayectoria original hacia la siguiente poza.³⁴

Dentro de los materiales utilizados para los terracedos están la cal, cemento o argamasa, y arena.

El Axayotl o Drenaje-aljibe pudo haber sido una de las formas más sencillas y comunes de almacenar agua de lluvia para los grupos mesoamericanos asentados en tierras áridas con fuerte precipitación pluvial en verano.

³⁴ Ibidem p.p. 93

Perú- Los Andes

La técnica más utilizada en este país latinoamericano, fue sin lugar a dudas el terracedo o andén, el cual se usaba para agricultura principalmente. El andén puede variar según el lugar y el nivel de desarrollo de las culturas. Según Blossiers³⁵ el andén es una práctica conservacionista que los antiguos pobladores dominaron ampliamente, llegando a construir verdaderos complejos agrícolas de alta tecnología hidráulica, utilizando para su conformación muros de piedra y para el relleno de la plataforma material acarreado y seleccionado (grava, suelo y materia orgánica).

Actualmente en Perú existe una superficie aproximada de un millón de hectáreas de Andenes, de los cuales aproximadamente el 10% aún se utiliza; 20% tiene uso temporal y el 70% ha sido abandonado. También conocidos como “pata pata” en quechua o “takwana” en aymara, se piensa que su creación fue iniciada en el año 3000 a.C., sus funciones son: utilizar racionalmente las laderas, minimizar el riesgo de heladas, ya que el aire frío de las heladas que impacta sobre la infraestructura de las terrazas se mezcla con el aire caliente que irradia desde el muro de piedras y del suelo rico en humus y húmedo, atenuándose e incrementándose la humedad relativa, lo que minimiza y controla los efectos negativos de las heladas ³⁶, regular la temperatura y la radiación solar, ya que la materia orgánica del suelo así como las piedras de las terrazas son decisivas en cuanto a la cantidad de calor que pueden guardar, controlar las escorrentías, favorecer la infiltración, la capacidad de campo y el drenaje, para tener un mejor suelo agrícola.

³⁵ BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú.*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia p,p,195

³⁶ CHILON Camacho, Eduardo.(2009). *Tecnologías ancestrales y reducción de riesgo del cambio climático.* Promarena p.p.13-22.

Los andenes son una manera ancestral de cultivar en terrazas, sobre pendientes que van del 4% al 60%, son una serie de plataformas continuas dispuestas en forma de escalones sobre las laderas de los cerros y quebradas aprovechando al máximo el agua pluvial o perenne que escurre sobre éstas. En este sistema se pueden sembrar cultivos agrícolas pero también flores y árboles frutales, todo depende del clima, la zona, el asoleamiento, materiales de la región y la vegetación circundante.

A pesar de que los andenes varían según la región, Blossiers³⁷ explica que generalmente tienen una longitud que oscila entre 4 m y 100 m por un ancho que va desde 1.5 m a 20 m; la terraza se encuentra sostenida normalmente por tres muros de piedra, de los cuales el de mayor longitud tiene la sinuosidad de la curva de nivel de la ladera y los otros dos en el extremo del andén, van paralelos a la pendiente máxima adyacente a la acequia y al camino empedrado cuando éste existe.

Su estructura interna se compone de 3 estratos:

La primera capa o capa de fondo compuesta de piedras grandes.

La capa intermedia de gravas.

La capa superficial que contiene hasta 0.7 m de tierra agrícola.

Estos tres estratos favorecen la infiltración, aireación, capacidad de campo y drenaje del terracedo, además de mejorar la estabilidad de la plataforma al disminuir la presión sobre el muro ya que el suelo orgánico, al mojarse ejerce

³⁷ BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia" p.p. 199.

una mayor presión, pero en los andenes al solo haber 70 cm de tierra y lo restante son piedras no hay tanta presión contra el muro.

Construcción y Diseño

Los andenes se ubican en “laderas de montaña desde los 300 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 4200 msnm,

y pueden ser irrigados con agua canalizada de ríos, lagunas, manantiales, nieblas y lluvias estacionales sobre los 200 mm por año. Por lo tanto deben tener disponibilidad de fuentes de agua para autoabastecimiento, si se abasteciera con agua pluvial, la precipitación estacional anual no deberá ser menor a los 200 mm/año.

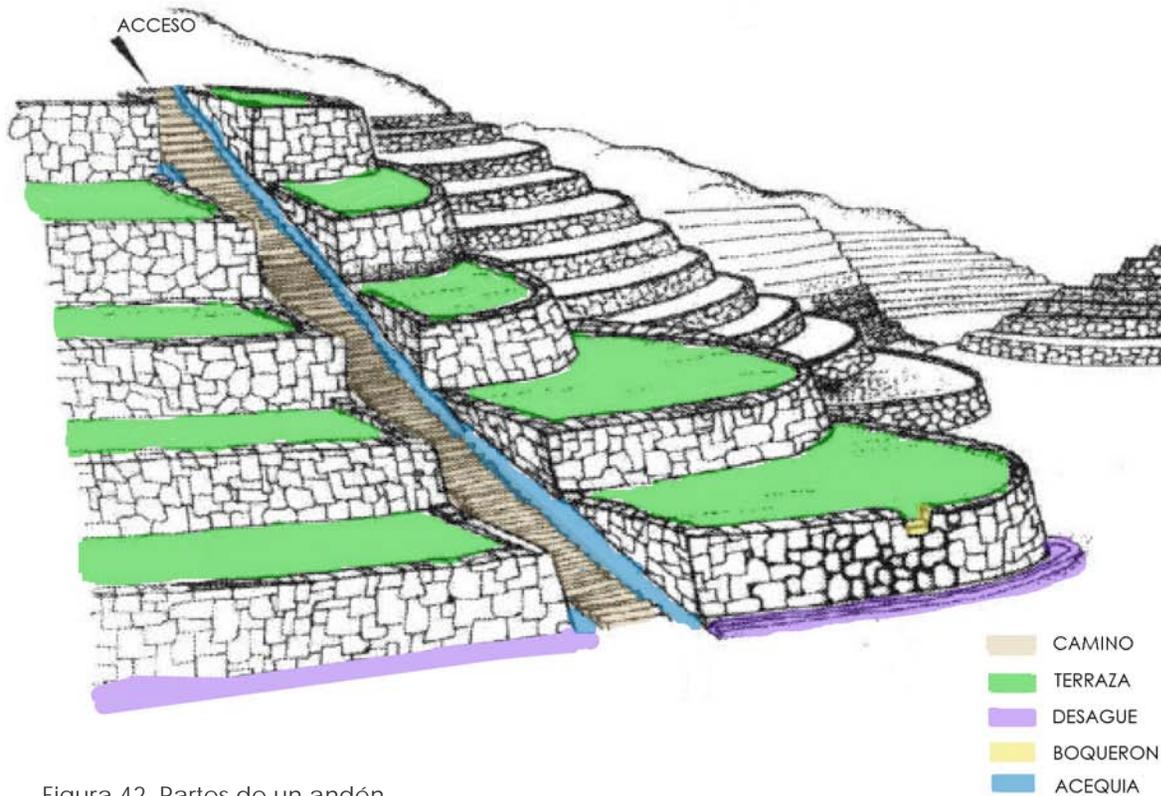
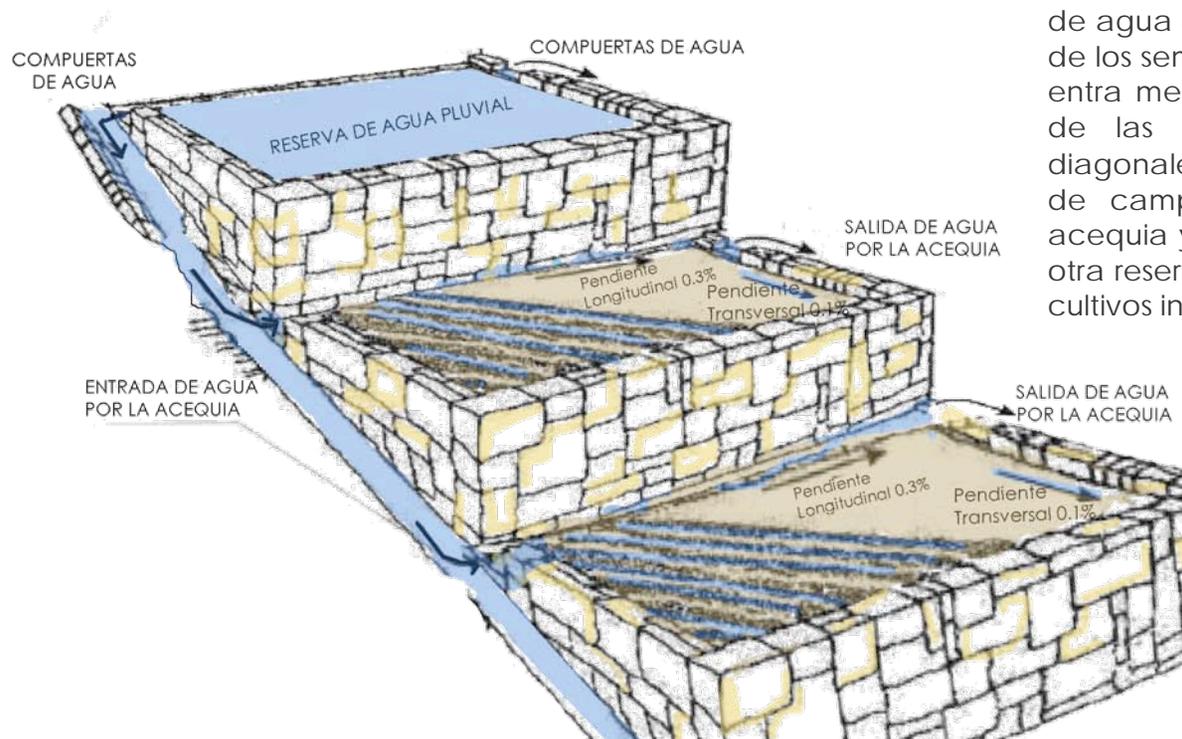


Figura 42. Partes de un andén.

Como se mencionó antes, deben estar sobre laderas cuya pendiente esté comprendida entre 4 y 60 % principalmente por razones de costo.

Deben realizarse estudios de Hidrología superficial y edafológicos para el cálculo de caudales máximos y mínimos así como para evitar o identificar problemas de erosión y obtener el perfil de la ladera.

Para la construcción del andén deben tomarse en cuenta ciertos criterios de diseño mencionados en el ANEXO 1. Aunque muchos de los andenes han desaparecido en la actualidad, estos sistemas son sencillos, sustentables y económicos por lo tanto deberían ser retomados.



Los andenes en general poseen una reserva de agua de escurrimiento pluvial para el riego de los sembradíos. El agua sale de la reserva y entra mediante las acequias hacia los surcos de las terrazas ya sean transversales o diagonales, una vez llegada a su capacidad de campo el agua sobrante sale por la acequia y se dirige al desagüe para dirigirla a otra reserva para su uso posterior o para regar cultivos inmediatos.

Figura 43. Ejemplo de andén con Surcos diagonales

Figura 44. Corte de un andén

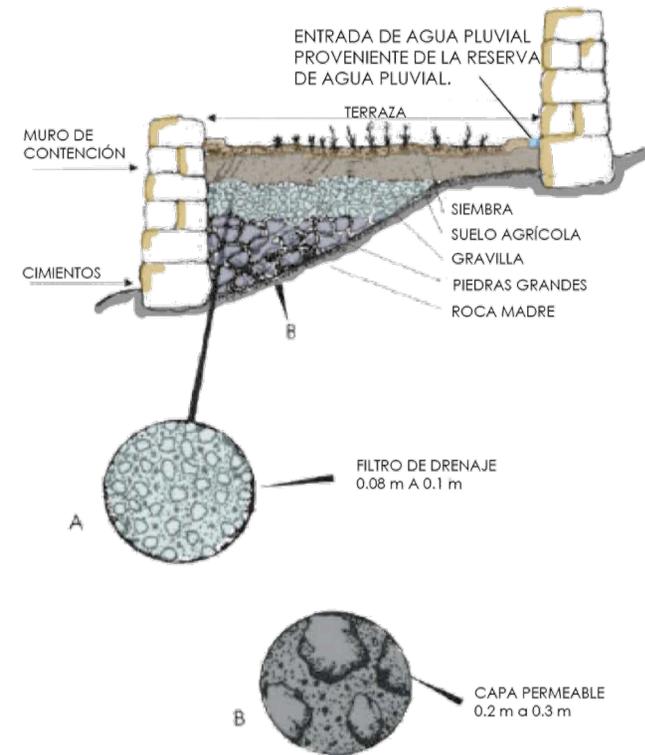
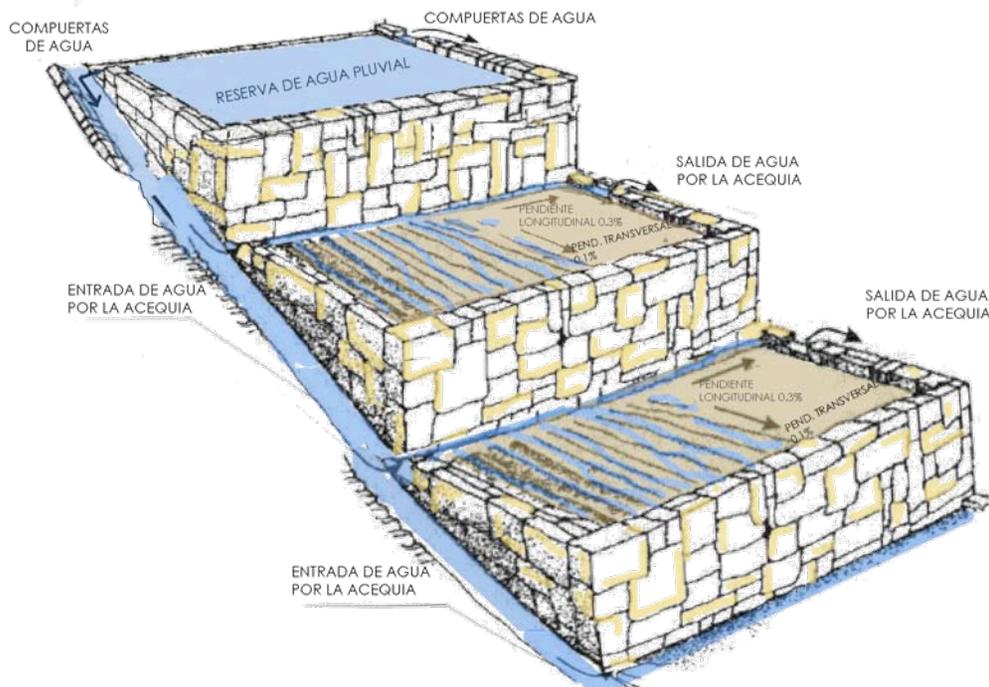


Figura 45. Ejemplo de andén con Surcos transversales

MÉXICO DESPUÉS DE LA CONQUISTA (1521-1990)

PERIODO COLONIAL(1521-1810) INDEPENDIENTE-PORFIRIATO (1810-1910), REVOLUCIONARIO (1910-1924) Y POSTREVOLUCIONARIO (1925-1990).

Después de la conquista, los españoles quienes se pensaba eran más avanzados a nivel tecnología, vieron el agua en general como un problema. A sus ojos la cuenca del valle de México tenía agua en exceso, la cual dificultaba la construcción de vistosos edificios de piedra en la Nueva España. La solución que creyeron viable, ya que ellos no poseían en su país tal cantidad de agua en lagos y ríos. fue secar los lagos permitiendo la filtración del agua al subsuelo mediante la creación de canales de desagüe y hoyos en el suelo para infiltrarla rápidamente³⁸; una vez hecho esto se percataron de que ese remedio no era suficiente, en época de lluvia la ciudad seguía inundándose gracias a la cantidad de agua que caía para llenar los lagos, una nueva alternativa fue la creación de tuberías y drenajes para evacuarla, jamás advirtieron que el recurso más simple hubiese sido adaptarse al líquido vital o entender el control del agua que habían logrado los aztecas y texcocanos para así sacar del agua el mayor provecho, siguiendo el ejemplo la ingeniería prehispánica. Las inundaciones frecuentes condujeron a la construcción del Albarradón de San Lázaro y al no ser suficiente, hacia 1607 el Geógrafo Enrico Martínez sugirió la construcción del Tajo de Nochistongo, el primer canal de desagüe dando inicio a un manejo inadecuado del agua en la ciudad que sigue vigente hasta nuestros días. En 1769 el científico José Antonio Alzate se opuso a la idea de continuar evacuando el agua por medio del Tajo de Nochistongo y sugirió que en su lugar se construyera un canal regulador para controlar los niveles del lago de Texcoco y que también se conservaran los lagos de la cuenca. Sin embargo, lo señalan ecólogos como Ezequiel Ezcurra, las autoridades de la

³⁸ MUSSET, Alain. (1992). *El Agua en el Valle de México Siglos XVI-XVIII*. Editorial Pórtico de la Ciudad de México, Centro de estudios Mexicanos y Centroamericanos. México. p.p. 43-53.

Ciudad de México desde entonces optaron por una alternativa tecnológica eficientista más que por una conservadora del ecosistema.³⁹

En México Colonial el manejo de agua pluvial se debió a la herencia de la cultura árabe-española que traían los españoles, en donde se construían: presas grandes, aljibes y cisternas, como de la experiencia indígena con el uso del los diques, terrazas, captación en techos entre otras. A lo largo de esta época fueron renovadas estas técnicas y creadas algunas nuevas para el aprovechamiento de la precipitación pluvial en el país, siendo más utilizadas y conocidas el jagüey, el aljibe, las cajas de agua, canales o acequias y en algunos lugares se continuó con el uso de terrazas, captación de agua pluvial en techos y almacenamiento de agua pluvial en cisternas.

México Colonial

Sistema de agua pluvial en zonas de cultivo- Jagüeyes. Caso de estudio "La Tasa" Tecomitl, Milpa Alta

El jagüey se utilizó en pequeños pueblos, haciendas y en zonas de cultivo. La palabra jagüey viene de la lengua taína de Santo Domingo y significa pozo o cisterna⁴⁰ Estos cuerpos de agua pluvial se ubican en las zonas bajas, las cuales se definen mediante la observación, es decir, la gente observa en época de lluvia el lugar en el que las corrientes de agua se estancan y en ese lugar construyen el jagüey. Dentro de la Ciudad de México, en la Delegación de Milpa Alta, aún existen vestigios de lo que fue el manejo de agua pluvial como se observa en el jagüey la Tasa localizado en San Antonio Tecomitl.

³⁹ MARTINEZ, González Lorena (2008). *Árboles y Áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana*. Fundación Xochitla, Estado de México, México. P.p. 38

⁴⁰ CASTAÑEDA GONZÁLEZ, Rocío. (2005). *Las aguas de Atlixco: Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920*. CONAGUA, CIESAS, AHA, COLMEX. México. p.p.85.

Este sistema hidráulico construido en la época virreinal,⁴¹ está constituido por cuatro partes para su funcionamiento: Zona de Captación, Zona de Conducción, Zona de Almacenamiento y Toma de Agua.



Figura 46. Vista aérea y perspectiva de Jagüey La Tasa en San Antonio Tecomitl, Milpa Alta.

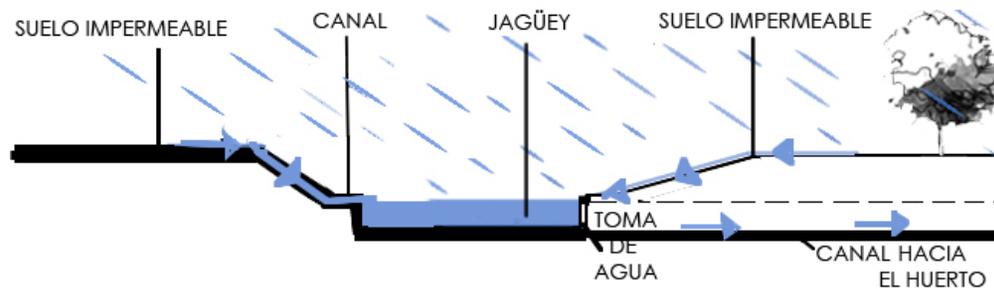


Figura 47. Diagrama general de funcionamiento del Jagüey

⁴¹ FRANCO, Victor et al. (2008). Estudio Hidrológico para la Tasa, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. p.p.2

Zona de Captación: Formada por los terrenos adyacentes que, mediante sus pendientes, favorecen el escurrimiento del agua de lluvia hacia el jagüey para su conducción y almacenamiento.



Figura 48. Vista panorámica del Jagüey tomada de Noreste a Sureste , la toma de agua se encuentra en el lado posterior al que fue tomado esta fotografía.

Zona de Conducción: Formadas por dos canales principales, construidos por mampostería de piedra con mortero de cemento arena. Estos canales han sido modificados con el pasar de los años, su propósito es conducir el agua de lluvia de arroyos y escurrimientos adyacentes para desembocarlos en la zona de almacenamiento.



Figura 49. Canales Principales, nótese cómo el canal está adecuado para recibir naturalmente los escurrimientos de agua pluvial.

Zona de Almacenamiento: Es una plataforma de piedra que está contenida por un muro perimetral construido con el mismo material con una altura variable, la superficie poligonal son 5,000 m², y su capacidad de almacenamiento es de aproximadamente 17.500 m³ de agua⁴², sin embargo, jamás se ha visto lleno. La plataforma contiene un desarenador el cuál permitía el asentamiento de las partículas de tierra que arrastran los escurrimientos.

El contenedor está rodeado por lomeríos y cerros, en algunas partes del muro la corona tiene inclinación hacia la obra de almacenamiento con el fin de captar el agua pluvial inmediata. El tramo de muro que no tiene contacto con el terreno, tiene una inclinación hacia fuera, a esta inclinación se le llama vertedor de demasías, funciona cuando el

⁴² Ibidem p.p. 5

volumen de agua excede la capacidad de almacenamiento. Actualmente este jagüey ha sido cubierto por completo con una geomembrana para cubrir las grietas de la plataforma y evitar la infiltración del agua, y se está construyendo un nuevo canal de conducción, con el fin de acumular una mayor cantidad de agua pluvial.



Figura 50. Vistas hacia el Sur del Jagüey.

Toma de agua: Se encuentra cerca de el vertedor de demasías, el cual sirve para sacar el exceso de agua. La entrada a la toma es una compuerta que se encuentra protegida por un muro de mampostería triangular que sirve como filtro, el cual impide el paso de objetos que puedan obstruirla. La toma, es un canal que conduce el agua desde el jagüey hasta un abrevadero. Este canal está hecho de piedra, cubierto con una capa de mortero cemento y hoy en día no se usa.



Figura 51. Compuerta, Toma de agua y canal.

Como éste jagüey, se construyeron algunos en zonas rurales dentro del país, aún podemos encontrarlos sobre las carreteras en Tlaxcala, Hidalgo, Nayarit, Querétaro entre otros. Los materiales de construcción del jagüey dependen de su ubicación y de los materiales que se encuentran en el sitio pero generalmente son de tierra compactada, piedra y argamasa. Su forma varía al igual que su ubicación. Los jagüeyes son utilizados principalmente para regar cultivos agrícolas y como abrevadero para los animales.

Sistema de agua pluvial escala arquitectónica-Aljibe-Caso de estudio Patio de los aljibes, Museo Nacional del Virreinato.

En el Estado de México- Tepotzotlán, en lo que actualmente conocemos como el Museo del Virreinato, se pueden encontrar los vestigios de lo que fuese un lugar con un manejo de agua impresionante.

Después de la conquista, los indígenas de Tepotzotlán regaban sus cultivos mediante el sistema de agua rodada, que era simple y sencillamente llevar por gravedad el agua del manantial hacia sus terrenos ayudándose de canales.⁴³ Con la llegada de los Jesuitas en el siglo XVI se construyó el Colegio para impartir educación a los Indios del lugar; en un inicio el inmueble se abastecía con el sistema de agua rodada, llevando el agua de manantial al inmueble por medio de canales a la cisterna encontrada en la huerta del excolegio, sin embargo los usuarios del inmueble se vieron en la necesidad de implementar un sistema hidráulico propio, ya que el abasto de agua para los habitantes del colegio no era suficiente.

Por este motivo a mediados del siglo XVI se construyó otra alternativa para abastecerse, que fue a través de la captación de agua pluvial en las azoteas de los edificios del colegio y el almacenamiento del agua de lluvia, en el denominado patio de los aljibes;⁴⁴ en este patio existen dos aljibes en el área central en los que se depositaba el agua de lluvia caída de los techos. El sistema de captación pluvial de este inmueble posee cuatro etapas: captación, conducción, filtrado y almacenamiento. La captación se realiza a través de las azoteas por medio de un diseño de pendientes para concentrar las aguas pluviales en un punto, estas aguas se conducían por medio de un canal adosado al muro norte y poniente del claustro, para finalizar su recorrido exterior en el vértice noreste del patio, sitio en el que se localiza un depósito cuya función es la de distribución y filtrado por medio de una trampa de arena, antes de ser almacenado el líquido en los dos aljibes.⁴⁵ Este filtrado era muy importante, pues el agua era utilizada para consumo humano y para el aseo personal.

⁴³ <http://www.ometeca.org/HTML/conf2005/Castorena.htm> RESPUESTA BIOCLIMÁTICA DE LA ARQUITECTURA COLONIAL RELIGIOSA EN MEXICO. Gloria María Castorena; Aníbal Fgueroa. Universidad Autónoma Metropolitana, Fecha de consulta México 08/08/2009.

⁴⁴ <http://www.ometeca.org/HTML/conf2005/Castorena.htm> RESPUESTA BIOCLIMÁTICA DE LA ARQUITECTURA COLONIAL RELIGIOSA EN MEXICO. Gloria María Castorena; Aníbal Fgueroa. Universidad Autónoma Metropolitana, Fecha de consulta México 08/08/2009.

⁴⁵ Ibidem

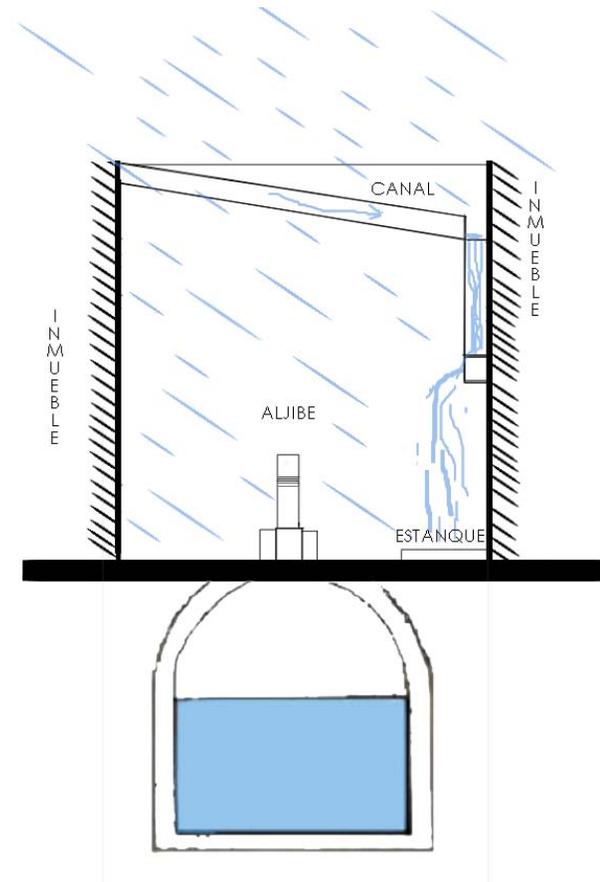
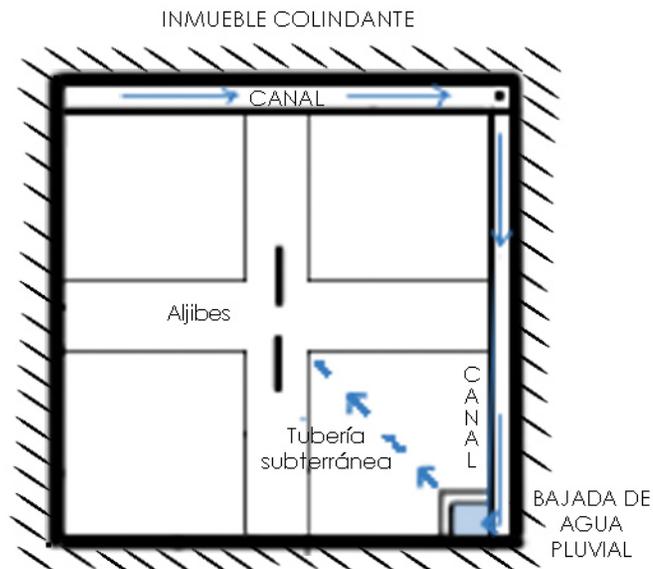


Figura 52. Planta y Perspectiva del Patio de los Aljibes.

El sistema de agua pluvial continua abasteciendo el colegio de Tepotztlán; poco importó su abandono durante más un siglo, el sistema hidráulico del edificio siguió funcionando, pero fue hasta que en el año 1933 que se consideró patrimonio nacional y en 1964 pasó a ser parte del INAH el cual le dio mantenimiento al sitio y permitió la entrada al público.⁴⁶

⁴⁶ <http://www.inah.gob.mx/index.php/boletines/3-turismo-cultural-/3208-paseo-cultural-por-tepotzotlan>

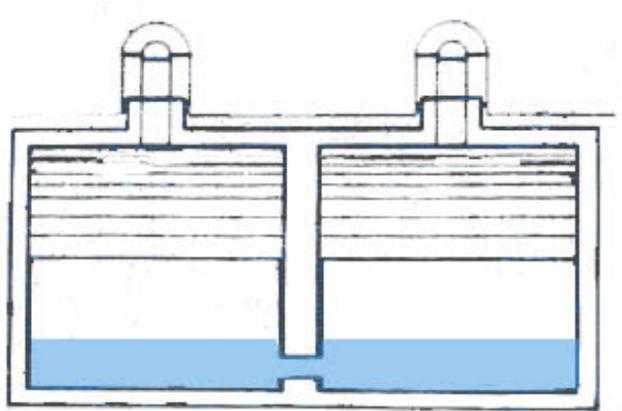


Figura 53. Vista frontal de los aljibes.



Figura 54. Foto actual de los aljibes.

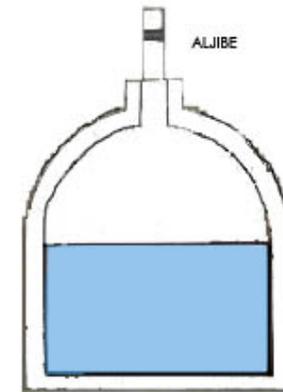


Figura 55. Vista lateral del aljibe



Figura 56. Canales de conducción de agua pluvial en azotea y muros.



Figura 57. Pileta de agua.

El excolegio de Tepotzotlán posee un impresionante manejo de agua en todo el inmueble: canales superficiales, canales subterráneos, piletas, estanques, y pequeños acueductos. Estas instalaciones están presentes en los patios, en el huerto, en las azoteas y muros, Es un lugar fascinante tanto por su historia como por ser uno de los primeros edificios autosustentables en la época virreinal en el país ya que: el inmueble se abastece a si mismo hidrológicamente, posee dentro de él un ambiente agradable sin necesidad de aire acondicionado, tiene un óptimo aprovechamiento de la luz natural ayudándose de espejos, ventanas, y el alabastro, y huertos de autoconsumo.

Sistema de agua pluvial escala arquitectónica-Curvato- Caso de estudio Ciudad Payo Obispo, Chetumal.

Los Curvatos que son depósitos de agua pluvial construido en madera de ciprés o cedro, estructurado con duelas verticales, rebajadas por los cantos y unidas a su base circular por aros metálicos para que adquieran la forma de un cono truncado. Las duelas que eran cortadas y cepilladas con una precisión milimétrica para que cuando el curvato estuviese terminado y fijado, al llenarse con el líquido la misma presión centrífuga hacía que cerraran herméticamente las duelas y no escapara una sola gota de agua. Este sistema existente desde los primeros años de la fundación de Payo Obispo en 1898, venía desarmado desde los Estados Unidos Norteamericanos, Inglaterra y Canadá, pero fue adaptado por los chetumaleños y los beliceños formando parte del rostro urbano y folklore de la ciudad de Chetumal y de Belice, lamentablemente este sistema está prácticamente extinto hoy en día y sólo se le puede apreciar en los Museos de la ciudad de Chetumal⁴⁷.

⁴⁷VILLANUEVA Efrain.Vox populi <http://www.noticaribe.com.mx/cgi-bin/mt45/mt-tb.cgi/22139->

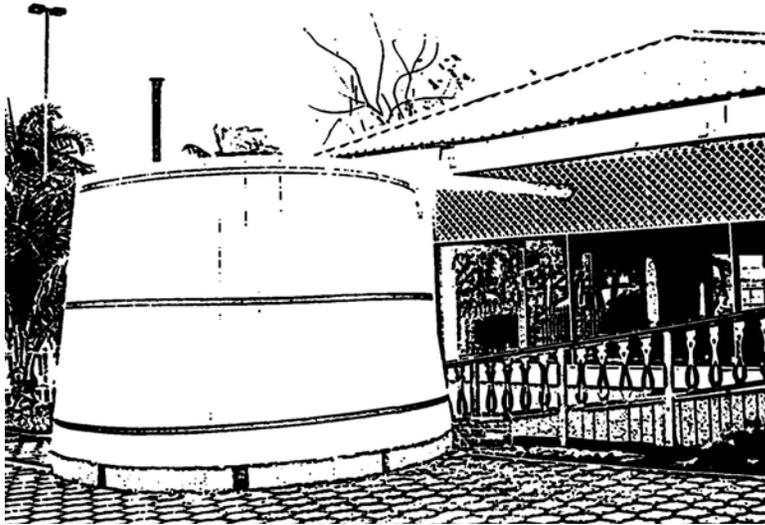
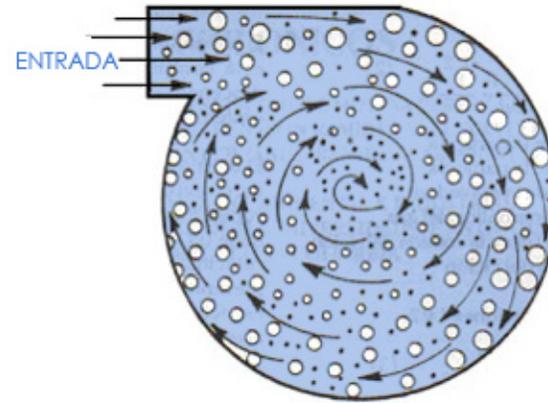


Figura 58. Imagen de un curvato en Chetumal, y movimiento el agua dentro de el curvato es decir la fuerza centrífuga



Sistemas de agua pluvial en Haciendas pulqueras. Jagüey y Aljibe.

En las haciendas del siglo XVII, mezclaban la actividad agrícola con la ganadera, y en algunas zonas rurales al no haber agua cerca, tuvieron necesidad de captar agua pluvial para riego y para los animales la necesidad de agua tenía que ser satisfecha mediante el uso de reservorios naturales y, mayoritariamente artificiales (jagüeyes, aljibes) donde se

recogía el agua de lluvia, ⁴⁸ al no contar con tecnología costosa para sistema de irrigación dependían únicamente de las lluvias y del manejo de estas por medio de la gravedad.

Las haciendas pulqueras del altiplano central, el cual alberga los Estados de: México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, el sur de Hidalgo y el Distrito Federal; y las haciendas de Querétaro, debían tener dentro de su sistema hidráulico dos o más sistemas: Acueducto, jagüey, aljibe, presa, abrevaderos, pilas, cisterna, pozo, caja de agua y fuentes,⁴⁹ esto con el fin de volver habitables y sustentables todas las unidades productivas. El almacenamiento de agua pluvial resultó fundamental, por lo mismo se utilizaron jagüeyes y aljibes, los cuales para no permitir la infiltración de agua, fueron construidos rectangularmente con aplanado de bruñido de cal y tezontle y/o piedra del sitio; "la posición de estos elementos la daba de manera determinante la topografía del lugar,⁵⁰ ya que el agua se conducía por gravedad y por lo tanto el aljibe o jagüey ocupaba una posición elevada para recibir los escurrimientos pluviales que caían de las laderas y cercana al conjunto principal para llevar agua al inmueble por gravedad con la ayuda de canales pero fuera de los muros de la hacienda.

⁴⁸ RENDÓN, Ricardo (1990). *Dos haciendas pulqueras en Tlaxcala 1857-1884*. ed. Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala, Universidad Iberoamericana departamento de historia. p.p.206

⁴⁹ LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado p.p.91.

⁵⁰ LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado p.p. 151.

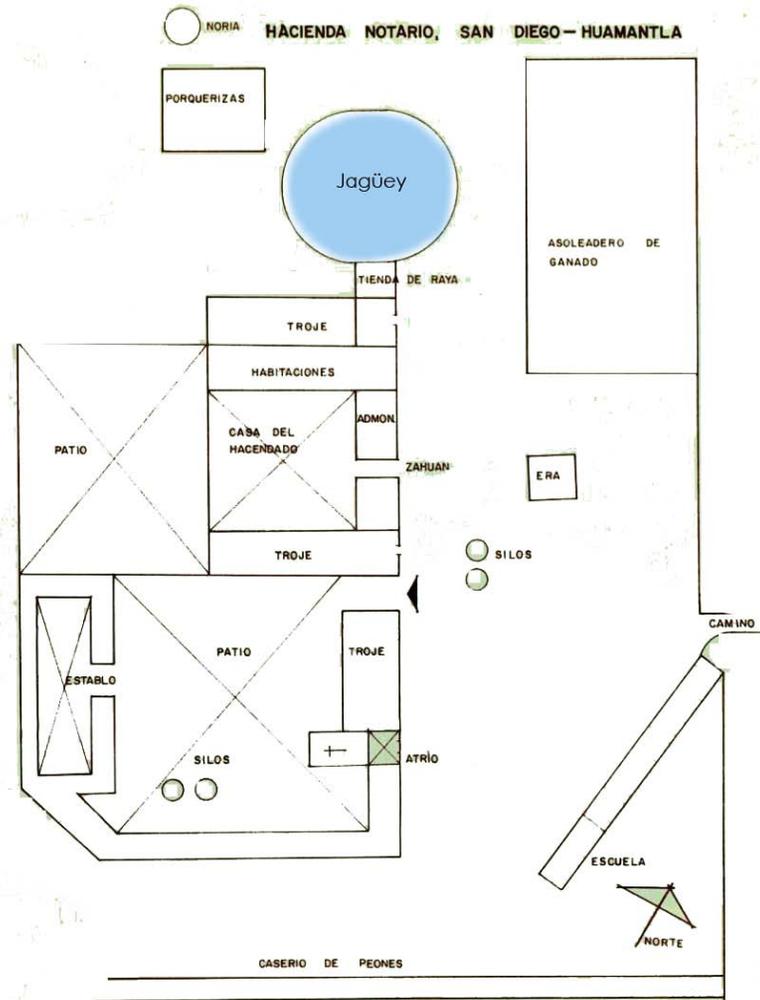


Figura 59. Planta de Hacienda Notario en Huamantla, Tlaxcala. El jagüey está ubicado en este punto ya que se utilizaba como abrevadero para los animales de esta Hacienda.

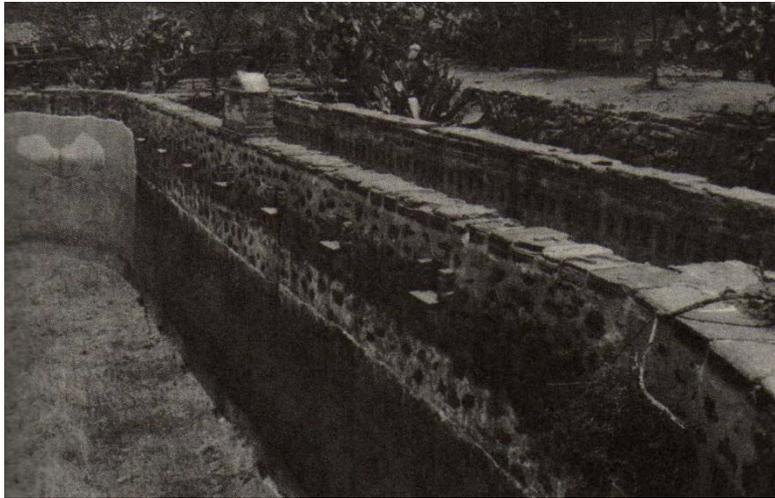


Figura 60. Aljibe de piedra en Hacienda Paula, Edo de México.



Figura 61. Jagüey en San José Titicuentla, Zempoala, Hidalgo.

Aunado a los aljibes y jagüeyes estaban las cajas de agua, que eran semejantes a pequeños diques que dividen y canalizan las aguas ribereñas; en las haciendas de Atlixco Puebla como la Hacienda de El Cristo y la de San Diego, las cajas de agua consistían en tres paredes, dos de ellas siguiendo los bordes de la acequia y una, la más angosta, perpendicular a ella. En esta última pared se encontraban orificios de distintos tamaños a través de los cuales pasaba el líquido,⁵¹ no obstante estas cajas de agua solo eran usadas para ríos no para agua pluvial.

Algunos jagüeyes son usados como abrevaderos que son depósitos de agua en donde acude el ganado para saciar su sed, éstos depósitos estaban siempre adyacentes al aljibe permitiendo la canalización económica del agua pluvial.

⁵¹ CASTAÑEDA GONZÁLEZ, Rocío (2005). *Las aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fabricas y pueblos, 1880-1920*, CIESAS AHA, Comisión Nacional del Agu. El colegio de México p.p.83.

México Independiente.

En esta época se conservaron las mismas técnicas de manejo de agua pluvial que se establecieron en la época colonial y se extendieron conforme fue creciendo el número de haciendas, pueblos y necesidad de abastecerse de agua en donde era escasa.

En los grandes pueblos fue necesaria la creación voluminosas zonas para almacenar agua pluvial que fueron llamadas presas. Una presa es una estructura que se emplaza en una corriente de agua para embalsarla y/o desviarla para su posterior aprovechamiento o para proteger una zona de sus efectos dañinos.⁵² Las presas usualmente captan afluentes de los ríos y muy pocas captan escorrentías superficiales temporales directamente. Un ejemplo de presa de agua pluvial del siglo XVIII es la presa de la olla en Guanajuato, la cual fue construida en 1749 para dotar de agua a la ciudad. Gracias a su ubicación, el lugar fue idóneo para recolectar agua de lluvia: por mucho tiempo fue el sustento de la ciudad. Hoy en día, esta presa ya no abastece a la ciudad, sin embargo sigue recolectando agua pluvial.



Figura 62. Vista actual de la presa de la Olla, Guanajuato, Gto.

⁵² Organismo regulador de seguridad de presas argentina <http://www.orsep.gob.ar/que-es-una-presa.php>

En las haciendas durante el Porfiriato (1877-1910) hubo una creciente demanda de agua para irrigación, debido al aumento de producción agrícola; un ejemplo son las haciendas queretenses Caxcantla y Chichimequillas, en las cuales se invirtió mucho dinero en sistemas hidráulicos para irrigación, la independencia y autonomía jurídica y económica que disfrutaba el Corregimiento de Querétaro generaron una profunda transformación de la agricultura en la zona de los Valles. Durante los años de bonanza del Porfiriato, se hicieron grandes inversiones de capital en tecnología para riego –cisternas, aljibes-, en infraestructura para conservación de los granos y para la explotación de los hatos ganaderos⁵³ de los hacendados.



Figura 63. Vista actual de la exhacienda de Caxcantla, Querétaro.

En las afueras de la ciudad de México al igual que en las haciendas, se utilizaba el agua de lluvia como aliada para irrigación de cultivos o bebederos, Pero en la metrópoli ésta seguía siendo un problema, En el siglo XIX el Ingeniero Francisco de Garay, construyó el Gran Canal de Desagüe y el primer Túnel de Tequixquiac, proyecto que prometía desaguar rápida y eficazmente la ciudad. Por otra parte, el constante crecimiento de la ciudad demandó agua potable; por lo cual se utilizaron los pozos artesianos, perforaciones en la tierra que llegan hasta los mantos acuíferos para extraer agua de éstos, comenzando así el hundimiento de la ciudad. Durante el Porfiriato continuó la obra del Gran Canal, el Túnel y un Tajo de desemboque. Perló explica que al revisar en conjunto la obra hidráulica del Porfiriato vemos

⁵³ JARQUÍN, María Teresa. (1990). *Origen y evolución de la hacienda en México: siglos XVI al XX*. Colegio Mexiquense, Universidad Iberoamericana, INAH. p.p.233.

que ésta abarcó los tres planos centrales de la problemática hidráulica de la ciudad de México: drenaje general de la cuenca del valle, que consistía en sacar el agua de la cuenca de cualquier manera posible; drenaje urbano de la ciudad, es decir prevenir inundaciones en la ciudad desalojando el agua pluvial de una manera rápida y eficaz; y abastecimiento de agua, es decir, llevar agua potable a las ciudades.⁵⁴

La construcción del Gran canal se terminó en 1900 por lo que el 17 de marzo del mismo año, Porfirio Díaz inauguró oficialmente el Sistema de Desagüe del Valle.

En esta obra se aplicaron cuantiosos recursos humanos y económicos, tanto federales como locales, que se caracterizaron por su modernización y por la utilización de las técnicas más avanzadas de la época. Sin embargo, su potencia y resistencia apenas eran adecuadas para las condiciones de la cuenca a principios del siglo XX. Para hacerlo operable, requería de fuertes gastos de mantenimiento y de constantes trabajos de reparación, mejoramiento y ampliación.⁵⁵

México Siglo XX- México Revolucionario y Post revolucionario.

Estas dos épocas están unidas en este escrito porque no hay muchos avances relevantes en el manejo de agua pluvial.

⁵⁴ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p.9

⁵⁵ http://archivohistoricodelagua.info/mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=33

En la época revolucionaria, por las cuestiones políticas, económicas y la inestabilidad social por la que atravesaba el país, no hubo movimiento en la cuestión hidráulica. Sin embargo, a partir de 1925, aunque la situación del drenaje no parecía presentarse tan difícil como el abastecimiento de agua, la ciudad sufrió una fuerte inundación causada por el exceso de precipitación pluvial de ese año, por el rápido hundimiento de la ciudad y el dislocamiento del sistema de drenaje con la extracción de agua del subsuelo de la ciudad.⁵⁶

El 1 de junio de 1937 se inundó nuevamente la ciudad causando daños a la infraestructura y a la población; por esta razón, se elaboró un plan de control pluvial⁵⁷ favoreciendo la creación de colectores pluviales o vasos reguladores los cuales son sistemas que captan el agua de una zona determinada y la conducen a los drenes para su desalojo. A pesar de esto, el gran canal empezó a tener problemas más graves por los escurrimientos que aumentaban al crecer el área urbana de la ciudad, y la proporción elevada de áreas impermeables por las pavimentaciones y los techos de las construcciones.⁵⁸ Aclarando la cita anterior, no es que los escurrimientos aumentaran como lo dice la memoria del drenaje profundo, sino que al crecer la población crecieron las áreas impermeables desfavoreciendo la infiltración del agua y provocando inundaciones ya que el agua no tiene a dónde irse.

Durante 1940-1944 la ciudad se inundó dos veces más, una provocada por el desbordamiento de los ríos y otra debido a las torrenciales lluvias del año 1944, por lo mismo se construyeron más y mejores colectores y se inició el entubamiento de los ríos de la ciudad. Durante este periodo afloró el uso de los vasos reguladores de agua pluvial, colector de aguas pluviales que se encarga de almacenarla por un periodo de tiempo determinado y la encauza poco

⁵⁶PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p.13

⁵⁷ Ibidem p.p. 15

⁵⁸ Memoria del Drenaje Profundo, DDF, 1975, vol II, p. 219.

a poco hacia el drenaje para prevenir la inundación de ciertas áreas y evitar que el drenaje se sobrecargue. De esta manera se puede minimizar el daño a las viviendas, comercios y carreteras causado por la inundación y estancamiento de aguas pluviales.⁵⁹ Este sistema sirve para recolectar grandes cantidades de agua pluvial, aguas de desagües, escurrimientos naturales dentro de la ciudad y agua de canales. Según Moreno⁶⁰ existen dos tipos de vasos reguladores, el que sirve para contener el agua, la cual al desbordarse es desaguada por un ducto y el segundo es el vaso regulador solo retiene el agua pluvial, no la canaliza y la infiltra lentamente hacia el subsuelo

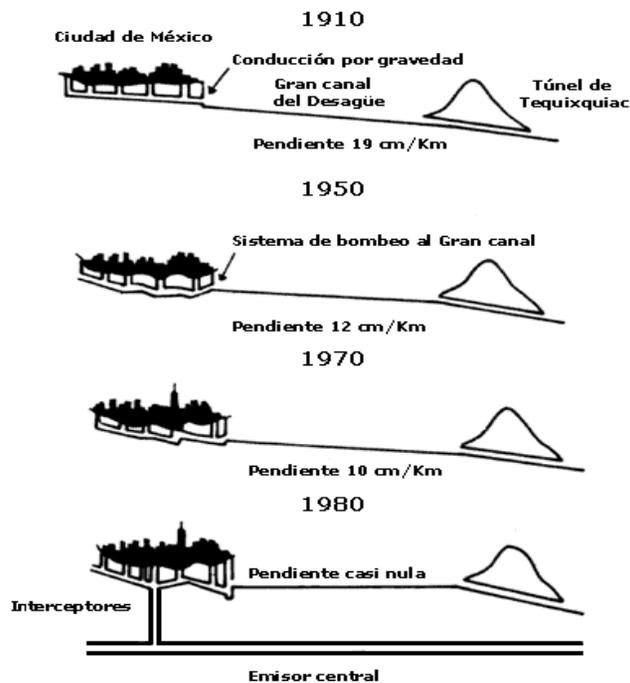


Figura 64. Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje.

⁵⁹ MORENO GUTIÉRREZ, Emmanuel Ricardo (2001) Los vasos reguladores y su influencia en el Diseño Urbano y Arquitectónico Caso de Estudio: el Área del Valle Bajo en El Paso, Texas, E.U.A. Tesis para Maestría en Diseño Arquitectónico, Fac. Arquitectura p.p.7

⁶⁰ Ibidem p.p.17

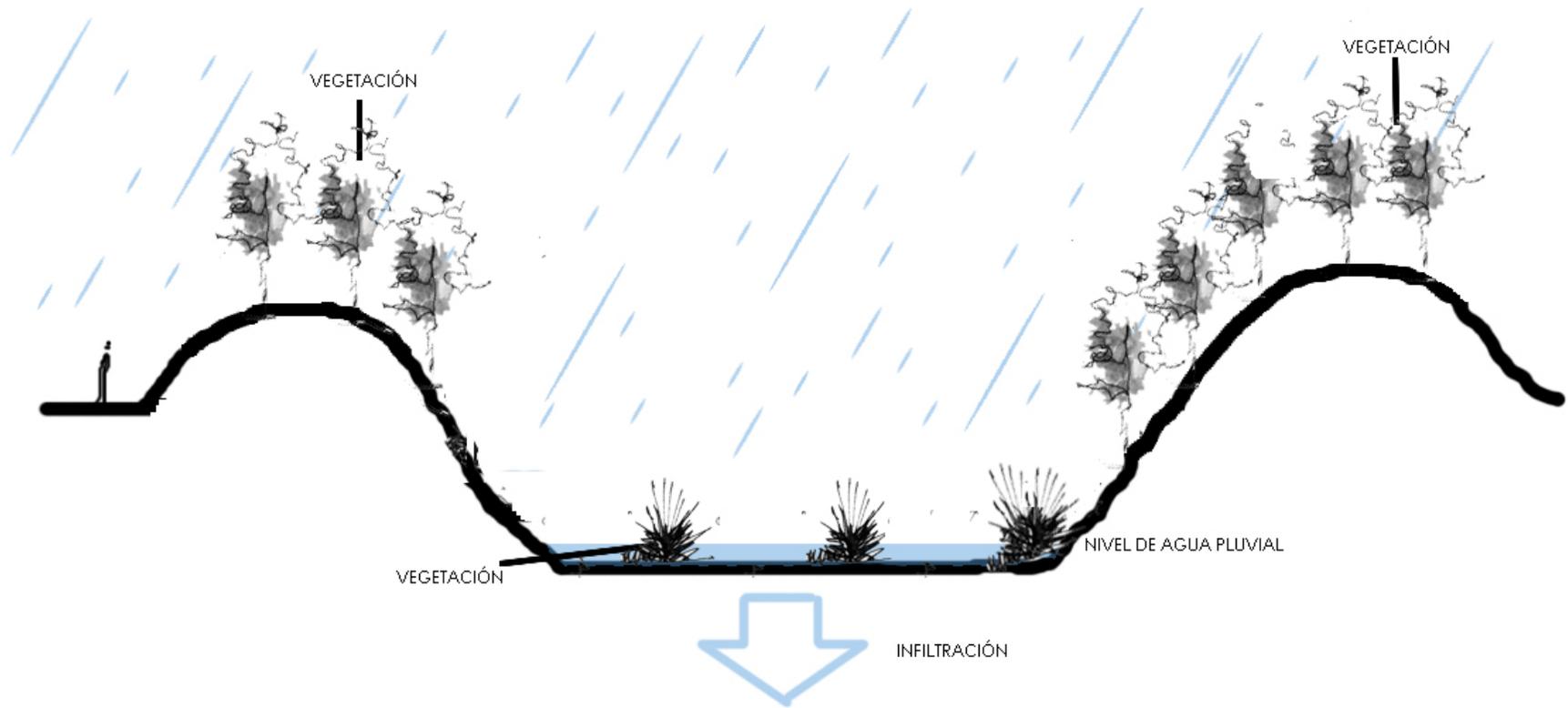


Figura 65. Corte esquemático de Vaso Regulador El Cristo en Naucalpan.

En la ciudad de México los vasos reguladores forman parte del sistema de desagüe de agua pluvial en la ciudad, entre algunos están: El Salado ubicado en el límite de la delegación Iztapalapa y el municipio de Nezahualcóyotl, el vaso regulador Guelatao ubicado en Cabeza de Juárez y en Xochimilco el vaso regulador San Lucas que anteriormente era utilizado para pesca deportiva y esparcimiento pero ahora es una mezcla de aguas pluviales, basura y aguas negras.



Figura 66. Vista aérea del Vaso Regulador el Cristo en Naucalpan.

En 1950 tuvo lugar la peor inundación en muchos años de la ciudad, pérdidas materiales y humanas, motivo por el cual se crearon plantas de bombeo en los colectores para desalojar con mayor rapidez el agua pluvial y las aguas negras, La metrópolis sufría año con año inundaciones de aguas negras y pluviales, situación desencadenada por las siguientes causas: el lento desalojo de las redes de desagüe, el hundimiento acelerado de la ciudad, la disminución de

pendiente del gran canal provocado por el hundimiento ya mencionado, pero más que nada, por los problemas ocasionados debido al pésimo manejo de agua, que desde la época colonial a nuestros días prevalecen en la ciudad.

Las inundaciones de la ciudad fueron reducidas cuando en 1967 se construyó el Drenaje Profundo, "obra que opera por gravedad y no es afectado por los asentamientos ; ya que está construido a profundidades que van desde 20 hasta más de 200 metros de profundidad, desalojando 200 m³ de aguas pluviales y residuales por segundo."⁶¹ El Drenaje Profundo terminó de construirse en 1999, más de 137 Km. de longitud en tuberías llevan consigo la mezcla de agua pluvial con aguas negras hasta desembocar, ayudándose de distintos ríos, en el Golfo de México.

⁶¹ PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p. 41



MANEJO CONTEMPORÁNEO DE AGUA PLUVIAL CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS (CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, INFILTRACIÓN, ALMACENAMIENTO)

MANEJO DEL AGUA PLUVIAL

Para poder entender el manejo del agua pluvial es indispensable comprender su funcionamiento definido por cuatro etapas: captación, conducción y su destino final que puede ser almacenamiento o/e infiltración. Para utilizar el agua de lluvia primero se debe captar, después se conduce ó se infiltra hacia el subsuelo respetando el ciclo hidrológico o almacena para un uso posterior como: consumo para animales. Filtrado para aseo personal y uso dentro de las casas o potabilizado para consumo humano.

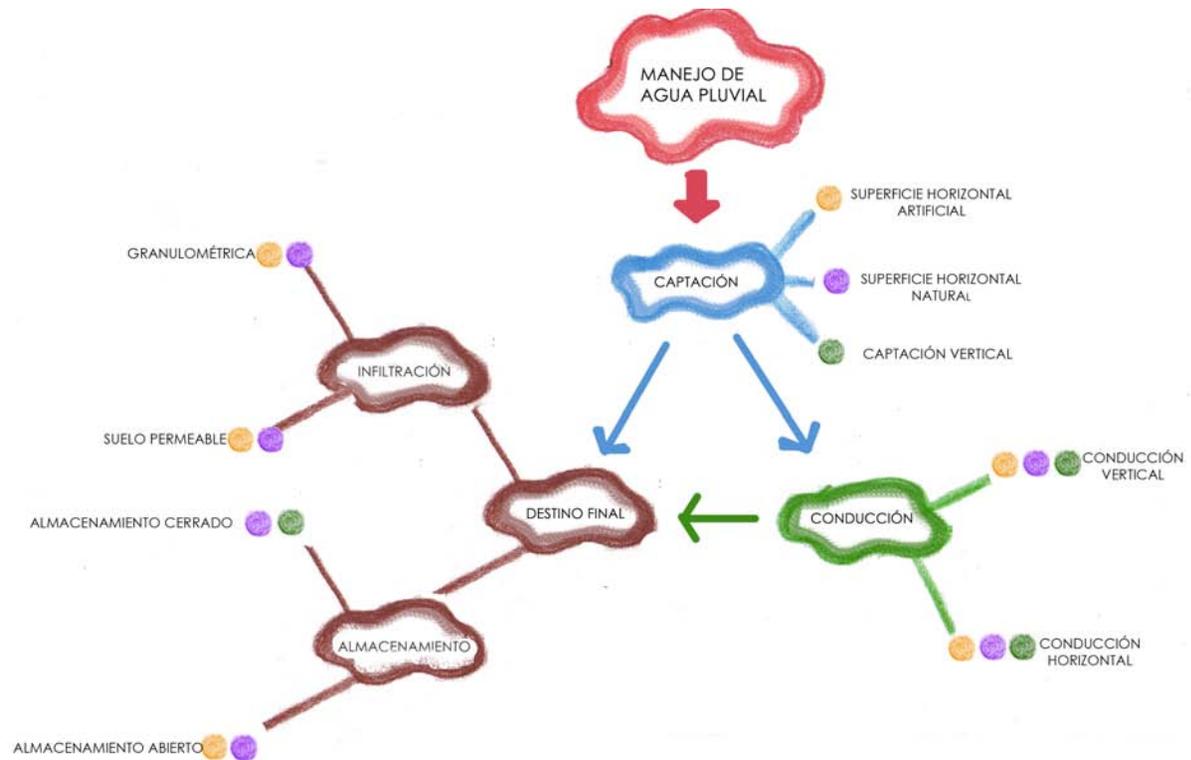


Figura 67. Esquema básico del manejo de agua pluvial.

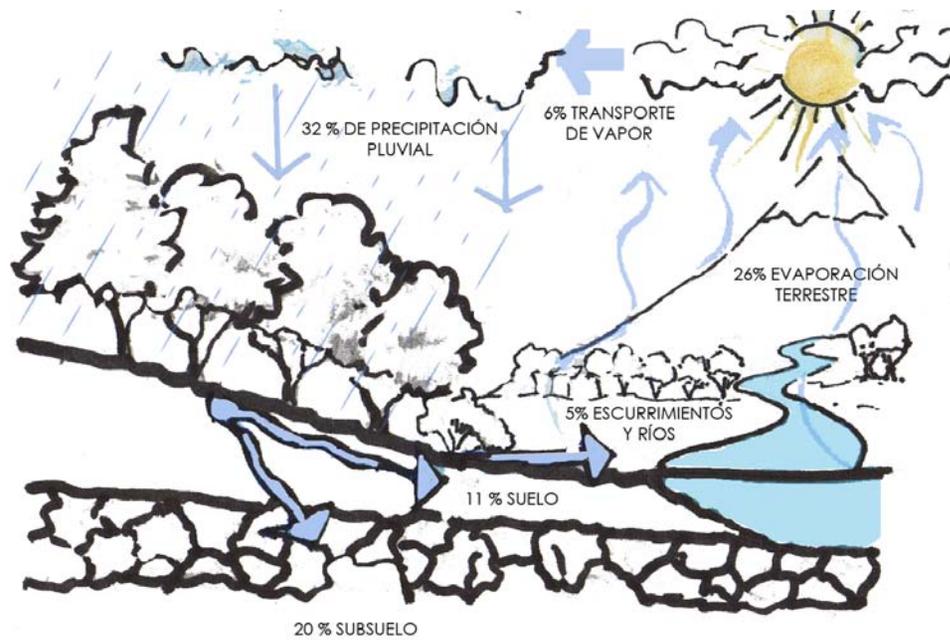


Figura 68. Ciclo del agua original.
Los porcentajes son aproximados.

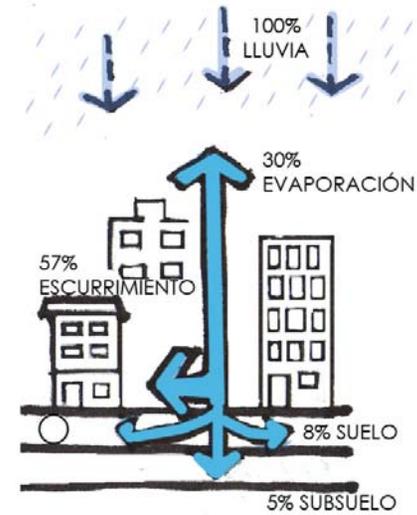
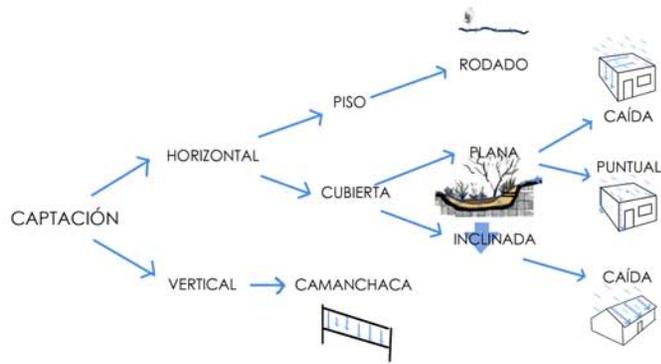


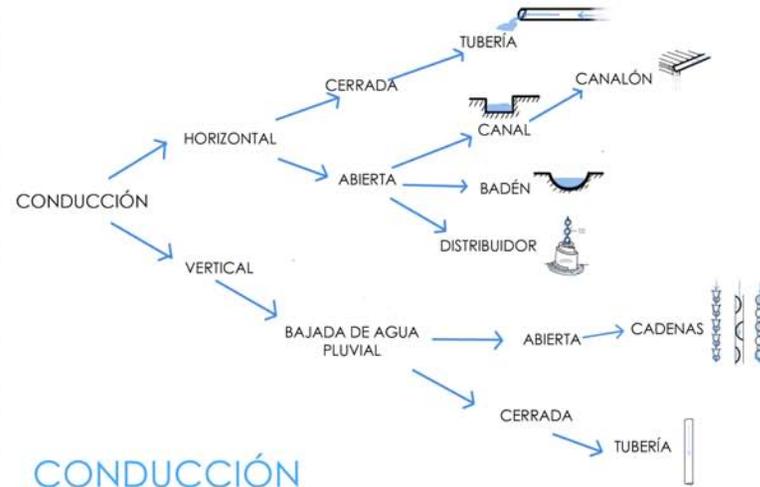
Figura 69. Ciclo del agua en un centro de Ciudad.

Cada una de estas etapas utiliza diferentes técnicas o sistemas dependiendo del país o región en el que se utilicen, la mayoría de las técnicas se repiten bajo otro nombre o con diferente material pero conservan la misma función.

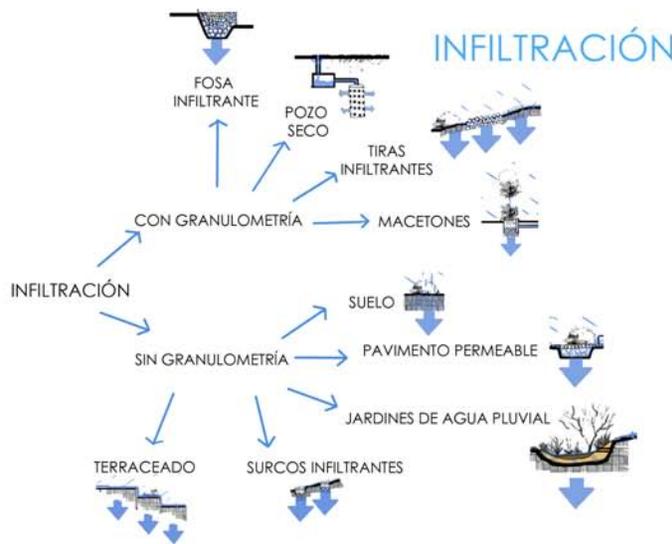
Clasificación de técnicas de agua pluvial



CAPTACIÓN

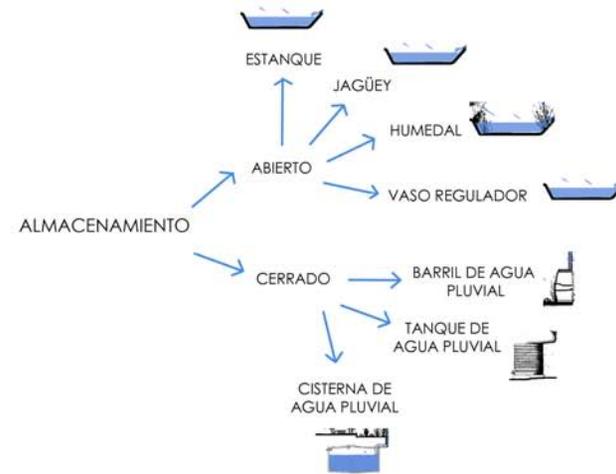


CONDUCCIÓN



INFILTRACIÓN

ALMACENAMIENTO



ALMACENAMIENTO

ELEMENTOS DE CAPTACIÓN

Tienen como función recolectar directamente el agua pluvial líquida y gaseosa de la niebla, con el fin de conducirla, infiltrarla inmediatamente o almacenarla para un uso posterior. Las zonas de captación se dividen en dos, captación horizontal y captación vertical.

Captación horizontal: Son aquellas superficies horizontales en las que el agua de lluvia cae y se mueve por gravedad hacia los elementos de conducción, la captación horizontal se clasifica en dos partes:

- a) Cubierta : Definida por la real academia española como la parte exterior de la techumbre de un edificio, puede ser inclinada o plana, están construidas de tal forma que el agua pluvial desciende por caída, o puntualmente en el lugar en el que esté ubicada la bajada de agua pluvial.

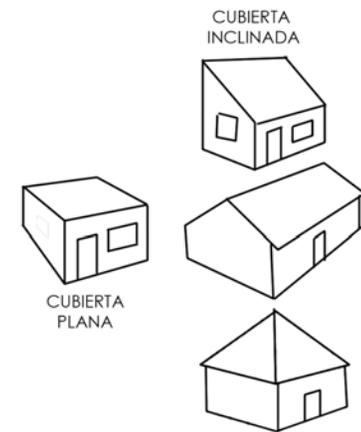


Figura 70. Esquema de tipos de Techos.

b) Piso: superficies natural o artificial que no permite la infiltración del agua pluvial hacia el subsuelo, el agua es captada y rueda sobre la superficie.

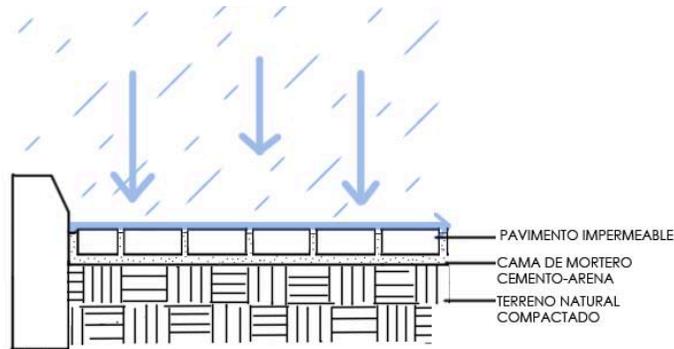


Figura 71. Detalle general de un pavimento impermeable artificial.

Captación vertical: captación mediante el cual la lluvia es capturada a través de un elemento vertical.

a) *Atrapanieblas* o *Camanchaca*: Es una malla de polietileno puesta sobre un poste cuya función es captar el agua de las nieblas costeras. Es un recurso atractivo para la captación y manejo del agua ya que se encuentra fácilmente, está presente la mayor parte del año y el agua es más pura en comparación con otras fuentes, además de ser prácticamente el único recurso hidrológico en algunas zonas ya que no posee agua de manantial o de río cerca, y existe más neblina que lluvia.



Figura 72. Atrapanieblas o Camanchaca en Chile.

ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN

Se utilizan para encauzar el agua captada hacia su destino final. Deben tener la suficiente capacidad para desalojar el agua rápidamente. Se dividen en dos grupos: conducción horizontal y conducción vertical.

Conducción Horizontal: Son aquellos elementos que conducen el agua pluvial de manera horizontal o inclinada, éstos se dividen en dos partes que son: conducción horizontal cerrada y conducción horizontal abierta.

Conducción Horizontal Cerrada:

- a) Tuberías, guían el agua pluvial de manera horizontal o vertical llevándola subterránea o superficialmente hacia su destino final, apartándola del medio ambiente circundante.

Conducción Horizontal Abierta: A este pertenecen todos aquellos elementos ubicados al aire libre que conducen el agua pluvial hacia su destino final.

- a) Canal: Cauce artificial por donde se conduce el agua para darle salida o para otros usos. Son conductos abiertos que se instalan en el piso, los cuales llevan cierta pendiente artificial para permitir el escurrimiento del agua pluvial. A este rango pertenece los canalones o canaletas que son conductos que se ubican en los bordes de las techumbres los cuales guían el agua pluvial hacia una bajada de agua pluvial para llevarla a su destino final.

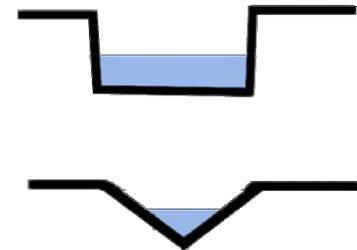


Figura 73. Corte de canales que pueden estar en suelo.

La profundidad y los materiales con los que son construidos varían dependiendo de la necesidad y las características del sitio.

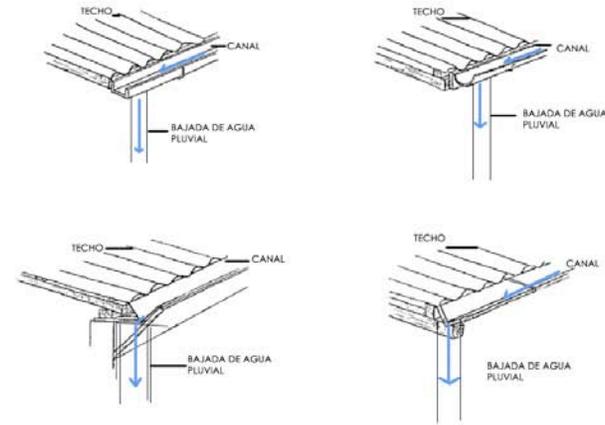


Figura 74. Tipos de canalones.

b) **Badenes:** Zanja o depresión que forma en el terreno el paso de las aguas llovedizas. Cauce enlosado o empedrado que se hace en un camino o carretera para dar paso a un corto caudal de agua. Los badenes transportan el agua de lluvia a través del pavimento o suelo.



Figura 75. Ejemplo de un badén en el Jardín Botánico Welsh, Carmathen. Inglaterra.



c) *Distribuidores*: Los efusionadores o distribuidores son los objetos en los que desemboca la bajada de agua pluvial. Los distribuidores tienen como objetivo disminuir la velocidad del agua pluvial y permitir su derrame antes de que ésta continúe su camino, pueden estar hechos de distintos materiales y de distintas formas dando paso a la imaginación.

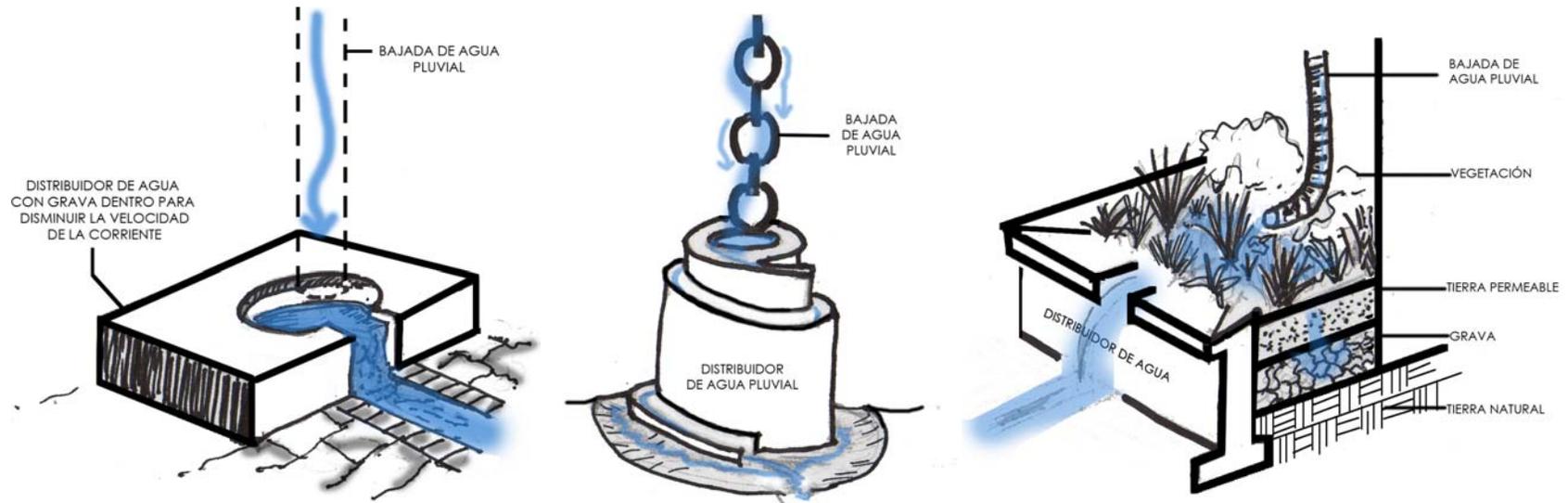


Figura 76. Ejemplos de distribuidores de agua pluvial.



Conducción Vertical: Como su nombre lo indica, son los elementos que conducen el agua pluvial verticalmente, es decir, las bajadas de agua pluvial; para su clasificación se dividen en: *conducción vertical abierta* y *conducción vertical cerrada*.

a) *Conducción vertical abierta:* Estas bajadas de agua pluvial se caracterizan por conducir el agua de lluvia al aire libre, los materiales y formas varían de la región y la imaginación de las personas, pueden ser desde materiales orgánicos resistentes como la cáscara de un coco, hasta metálicos como campanitas de fierro, o cadenas de distintas formas.

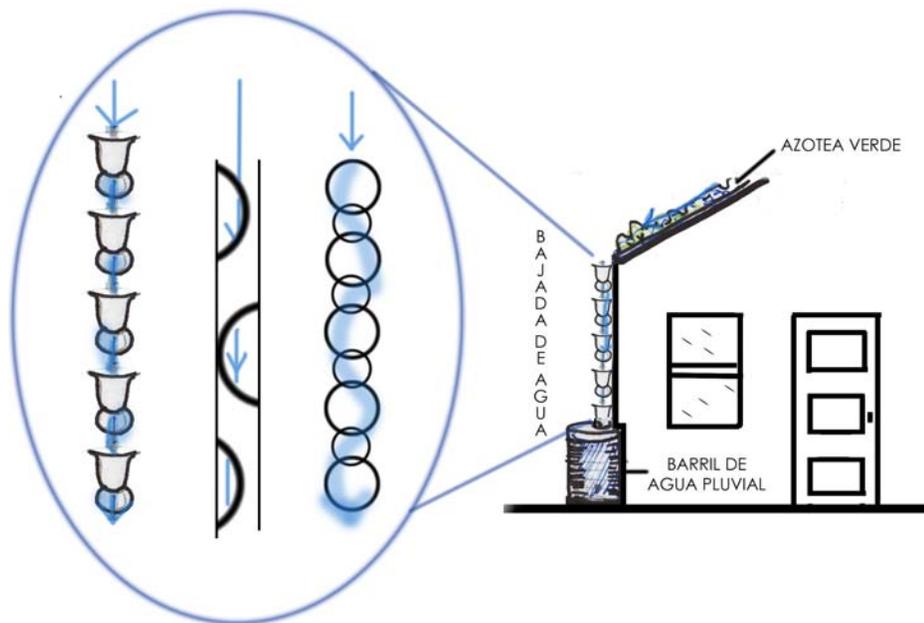


Figura 77. Ejemplos de distribuidores de conducción vertical abierta.

b) *Conducción Vertical cerrada*: Son tuberías puestas verticalmente en los inmuebles que funcionan como bajadas de agua pluvial. Son cilindros de varios materiales como el cobre, PVC, acero, asbesto y hierro, que ayudan a guiar el agua pluvial desde el techo hacia su destino final a nivel de suelo.

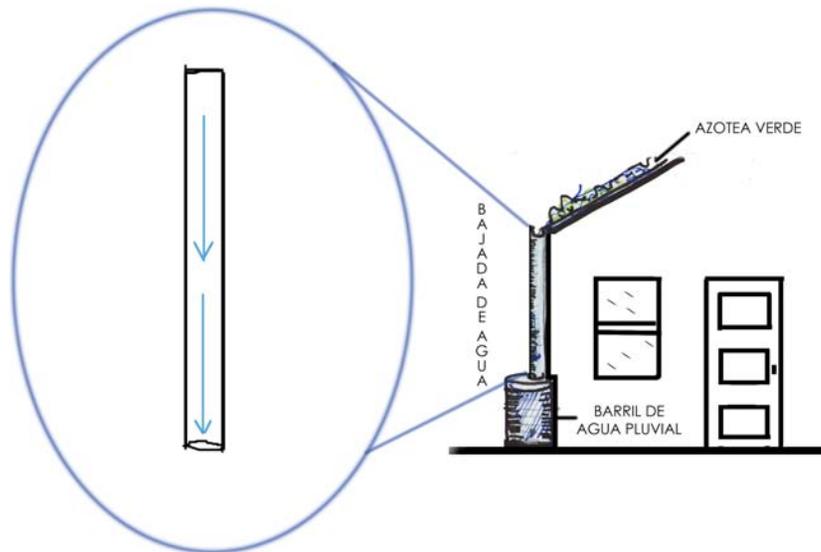


Figura 78. Ejemplos de distribuidores de conducción vertical cerrada.

ELEMENTOS DE INFILTRACIÓN

Éstas tienen la capacidad de permitir el paso del agua pluvial hacia el subsuelo el cual es su destino final. Algunas retienen el agua para infiltrarla poco a poco mientras que otras son áreas de infiltración inmediata. La diferencia radica en el uso de materiales y la necesidad del sitio o del usuario, es por esto que se clasifican en dos: *Infiltración con granulometría*, e *Infiltración sin granulometría*

Infiltración con Granulometría: Son aquellos elementos que se ayudan de diferentes tamaños de piedras y diferentes texturas en los suelos para lograr una infiltración rápida y eficaz.

a) *Fosa de infiltración granulométrica:* Consiste en permitir el paso del agua utilizando distintas texturas en el suelo para una infiltración rápida y limpia. Se escarba en el suelo hasta hallar la roca madre, y desde abajo hacia arriba se rellena granulométricamente, primero con piedras grandes, después con piedras medianas, seguidas por piedras pequeñas y a 10 o 15 cm del nivel del suelo con texturas finas como arenas o suelo permeable.

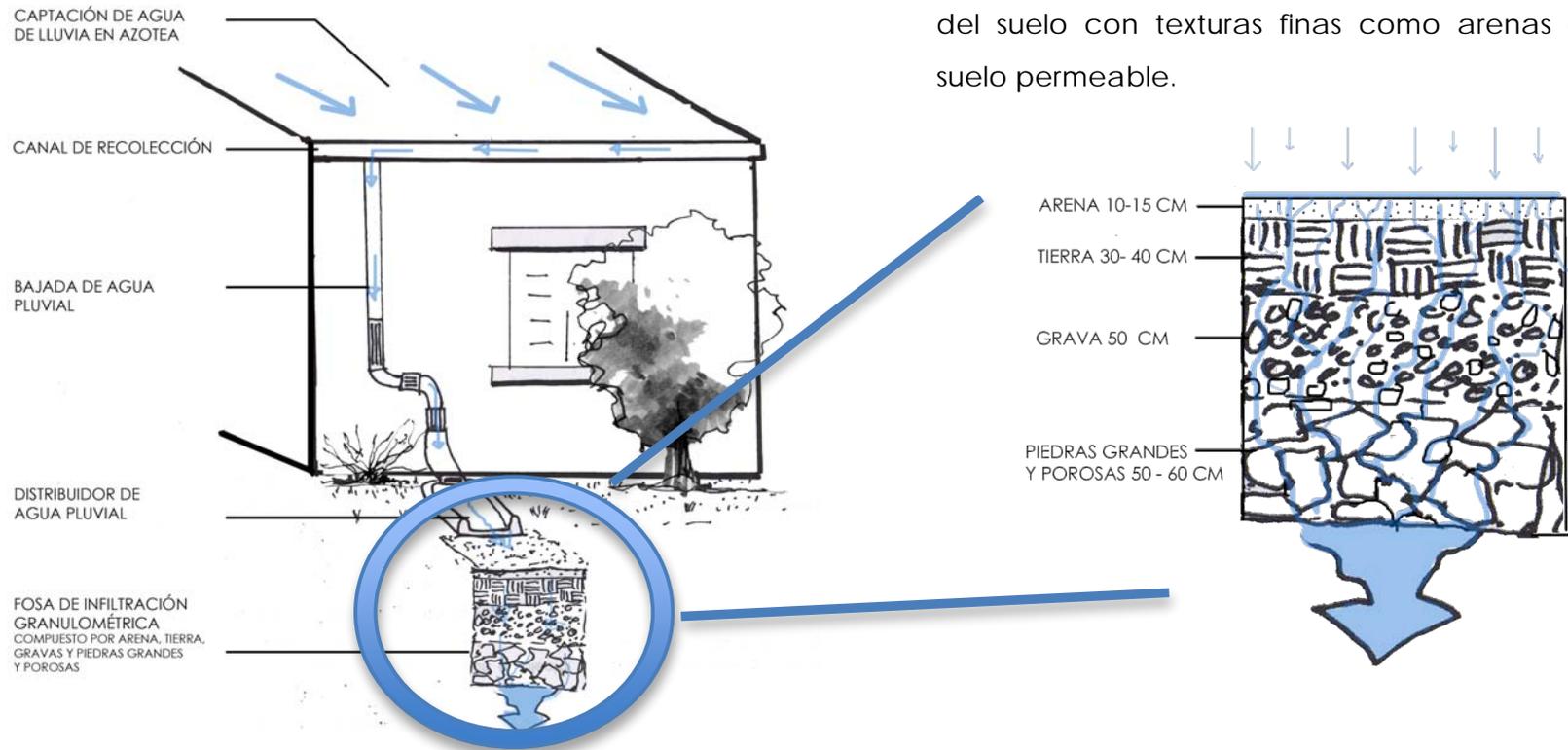


Figura 79. Sección de una fosa de infiltración granulométrica .

b) Pozos secos. Método en el cual se utiliza un cilindro de concreto o PVC prefabricado con orificios, que favorece la rápida infiltración del agua de lluvia al subsuelo ya que se le introducen piedras grandes, gravas o ladrillos cortados para un rápido desalojo del agua y se pone grava alrededor del pozo.

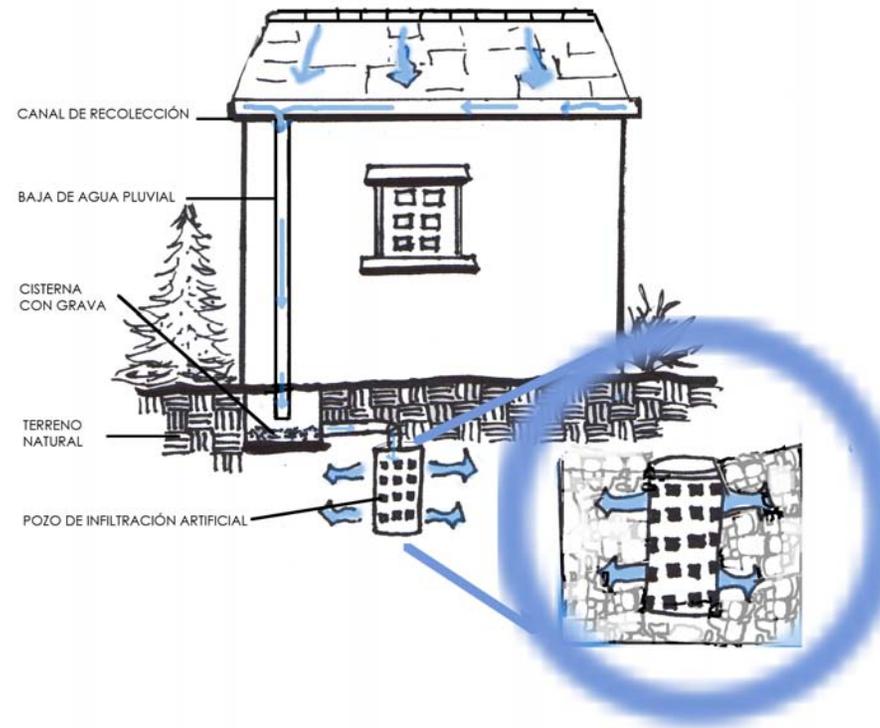


Figura 80. Sección de una casa con pozo seco.

a) *Tiras infiltrantes*: son áreas con pendiente ligera colocadas perpendicularmente a la corriente de agua, están construidas con diferentes materiales que faciliten la infiltración, por ejemplo: una tira de césped, una tira de grava, y una tira de arena como se muestra en el esquema inferior. Su función es recibir el escurrimiento de las zonas impermeables cercanas disminuyendo la corriente y atrapando los contaminantes, limpiando el agua de impurezas e infiltrándola.

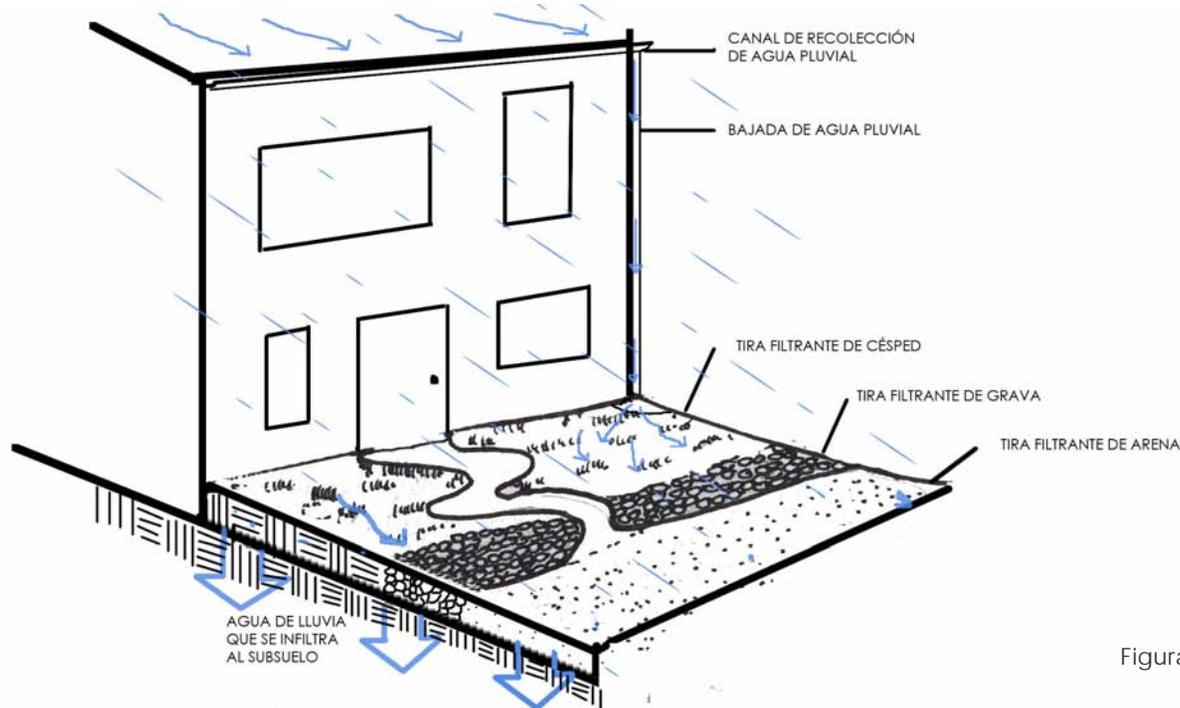


Figura 81. Ejemplo de Tiras infiltrantes.

b) Macetones: Son contenedores que interceptan el agua pluvial que viene de las azoteas⁶². Maneja el agua pluvial reduciendo la escorrentía, a través de la infiltración, evaporación, transpiración y almacenamiento. Se asientan cerca de las construcciones formando parte del paisaje urbano creando la oportunidad para que el arquitecto paisajista favorezca al ambiente de manera visual y ecológica. El primer flujo de agua se filtra y el exceso se une al sistema de agua pluvial.

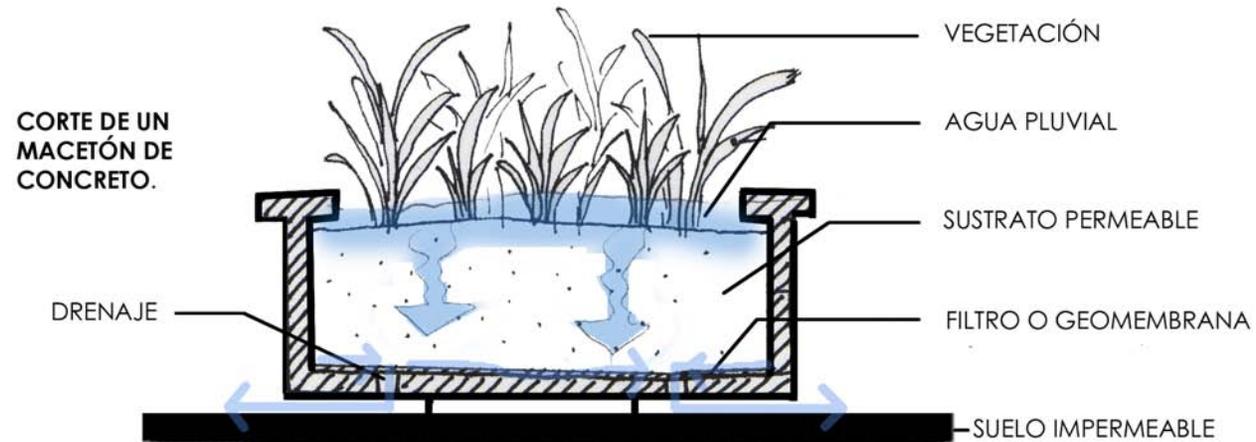


Figura 82. Corte de un Macetón sobre suelo impermeable; el agua que rueda sobre el suelo impermeable puede ser dirigida mediante un elemento de conducción hacia su destino final: infiltrarla o almacenarla

⁶² DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy (2007). *Rain Garden: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. editorial Time Press, Oregon Portland p.p.95

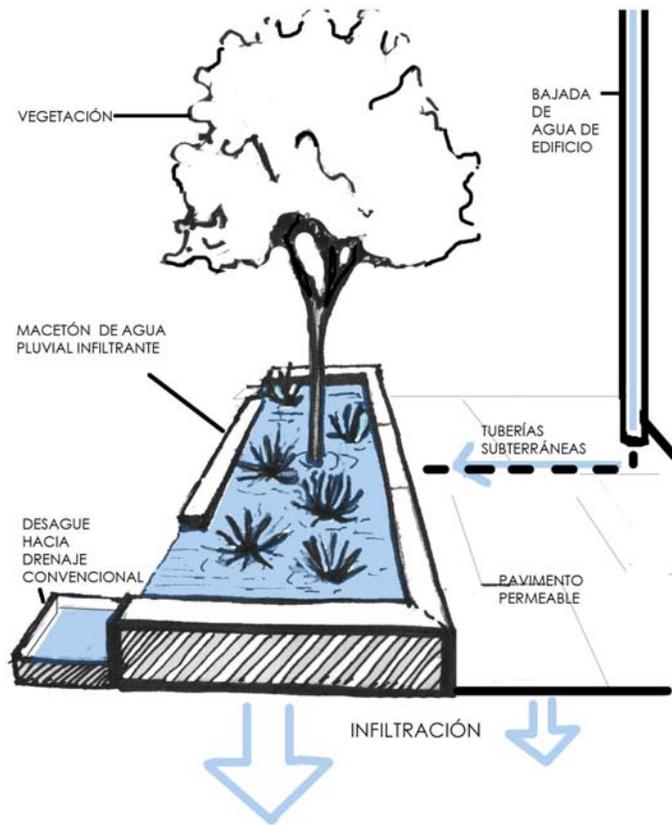
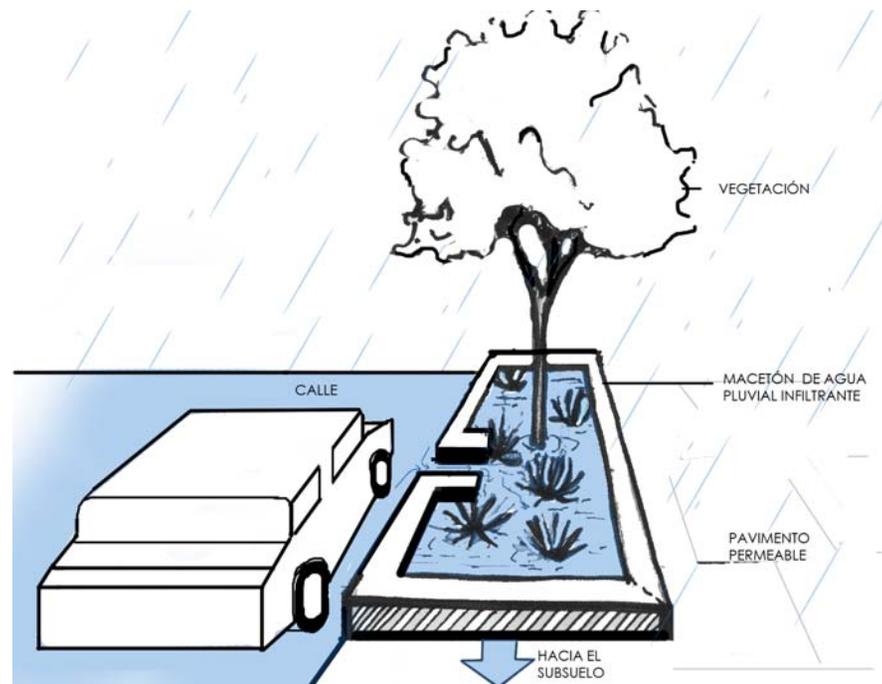


Figura 84. Macetón de infiltración: este macetón limpia e infiltra el agua de la calle directamente.

Figura 83. Macetón de infiltración sobre banqueta: el agua pluvial baja del edificio mediante una tubería vertical, para después ser conducida con una tubería horizontal al macetón en donde el agua es infiltrada y el exceso se lleva al drenaje pluvial. La banqueta no tiene conexión con el macetón de infiltración ya que al tener un pavimento permeable, el agua que cae en ella es directamente infiltrada



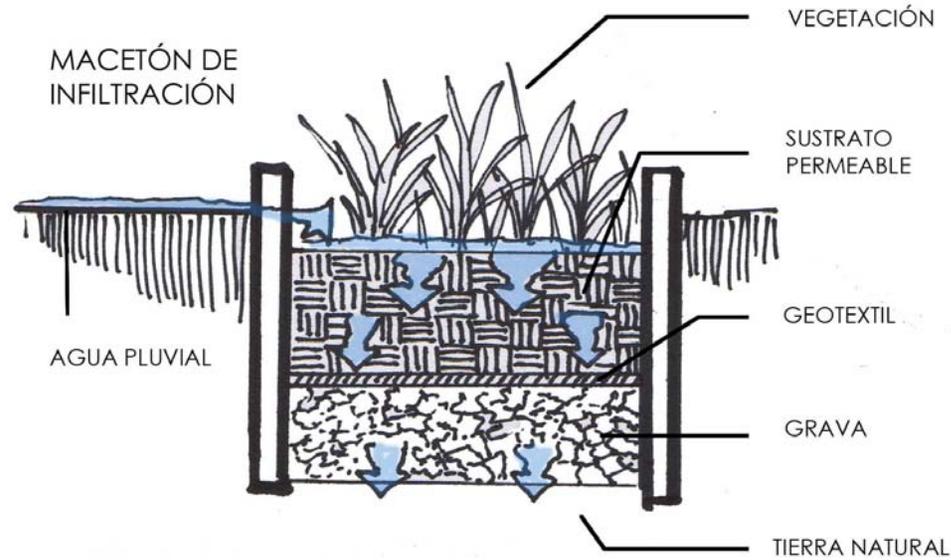


Figura 85. Detalle de un macetón de infiltración.

Infiltración sin Granulometría: Son aquellas técnicas que no utilizan distintas medidas granulométricas para infiltrar el agua pluvial, sólo utilizan mezclas de suelos y texturas de suelos para lograr la infiltración.

- a) Suelo Permeable: Son aquellos que permiten el paso del agua debido a su textura y porosidad.



Figura 86. Imagen de un Suelo Permeable.

b) *Pavimentos permeables*. Son pavimentos que gracias a su porosidad y textura facilitan la infiltración de agua pluvial hacia el subsuelo. Son pavimentos permeables: el adoquín con juntas de arena, el ecocreto y la piedra con césped o juntas de arena, permitiendo la permeabilidad en el suelo para obtener un buen pavimento permeable:⁶³

1. El pavimento debe ser: de piedra, adoquín y cantera, con juntas de arena, de grava ó de césped para permitir el paso del agua, o bien un pavimento permeable como el ecocreto.
2. Las juntas entre el pavimento serán de material suelto, sin la intención de sellarlo, preferentemente arena.
3. La cama en la que se pondrá el pavimento tendrá que ser de arena, piedras sueltas, o terreno natural compactado.

El uso de geotextiles también ayuda a la infiltración y la estabilidad del pavimento

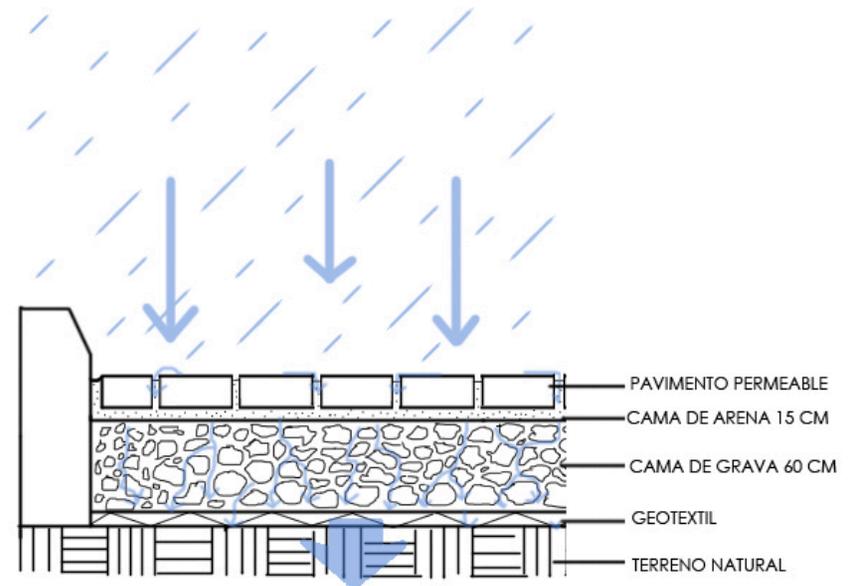


Figura 87. Sección general de un pavimento permeable.

⁶³ DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy.(2007). *Rain Garden: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. editorial timbe Press, Oregon Portland p.p.105

c) *Jardines de Agua de Lluvia*: Son depresiones poco profundas con vegetación en ellas, cuya función es menguar la corriente de agua pluvial infiltrándola al subsuelo y absorber los contaminantes que ésta lleve.⁶⁴ Para que éstos jardines funcionen deben ser establecidos en suelos con alta capacidad de absorción, cercanos a lugares en donde se requiera que el agua de lluvia se filtre rápido, en sitios en donde el agua se estanca y debe ser infiltrada. Su construcción es sencilla, se ubica un lugar en dónde poner el jardín de agua de lluvia, lejos de drenajes, tuberías, cimentaciones y cualquier otra instalación subterránea para prevenir algún problema futuro,. Se excava el lugar en donde será ubicado el jardín, se mezclan los suelos de manera tal que sea un suelo permeable y orgánico, se pone una capa delgada de paja y estiércol para aumentar el material orgánico y se siembran las plantas seleccionadas. De esta manera se obtiene un elemento de infiltración infalible.

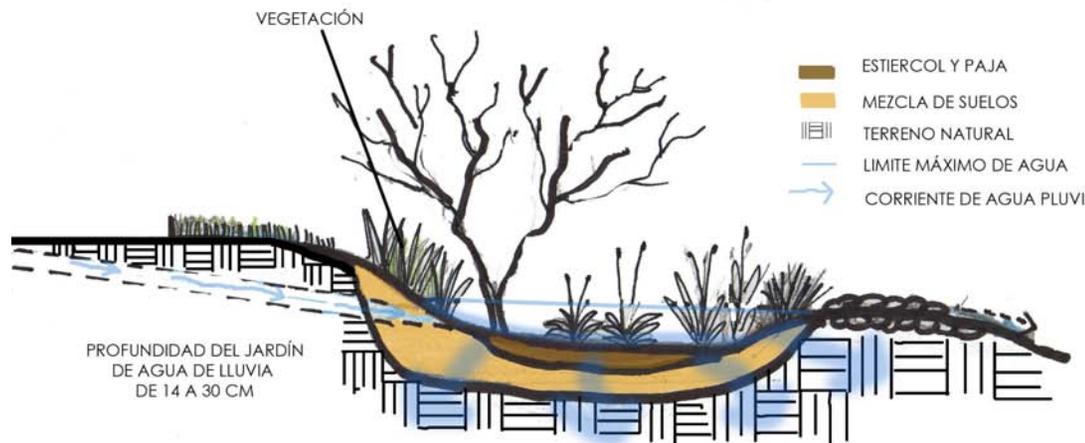


Figura 88. Detalle general de un jardín de agua.



Figura 89. Jardín de agua de lluvia

⁶⁴ HINMAN Curtis (2007). *Rain Garden Handbook for western Washington Homeowners*. editorial. Washington University State. p.p. 1-39

d) *Surcos infiltrantes*: son zanjas o canales a nivel de suelo que se llenan de diferentes texturas de suelo y vegetación formando contornos. Su función es almacenar temporalmente el agua de lluvia reduciendo la cantidad de agua que viene de las escorrentías, infiltrándola y limpiándola de algunos contaminantes.⁶⁵ Los surcos pueden tener distintas formas y pueden usarse a diferentes escalas.



Figura 90. Ejemplo de Surcos infiltrantes.

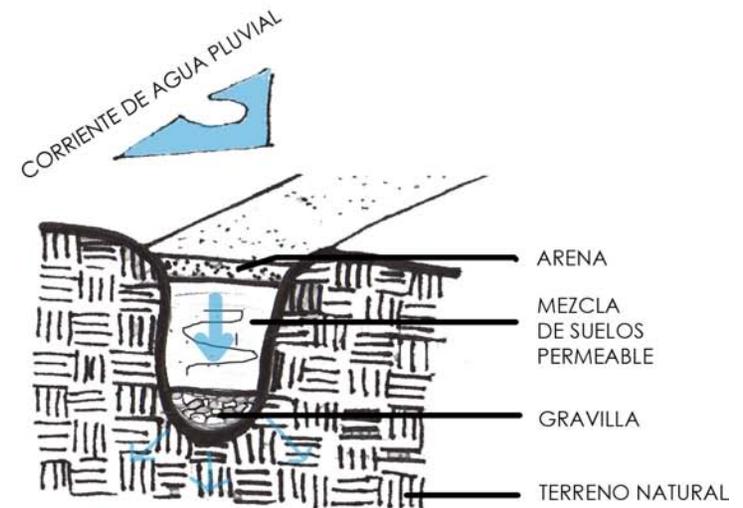


Figura 91. Detalle de Surco Infiltrante.

⁶⁵ HEMENWAY, Toby . (2001). *Gaia's Garden: A guide to Home scale permaculture*. editorial: Chelsea Green Publishing Company, Estados Unidos de Norteamérica p.p.80-87.

e) Terraceado: Son una serie de plataformas dispuestas de manera tal que forman una apariencia escalonada. Están diseñadas para disminuir el rápido escurrimiento del agua pluvial y la erosión del suelo. Se utilizan en general en laderas con pendientes del 4% al 60%. Su construcción no es complicada, sino laboriosa, se debe calcular primeramente la pendiente longitudinal de la terraza, para después calcular el ancho del muro de contención que es hecho con piedras y las dimensiones de terraza. La terraza se construye desde el más bajo hacia arriba, Ver Anexo 1.

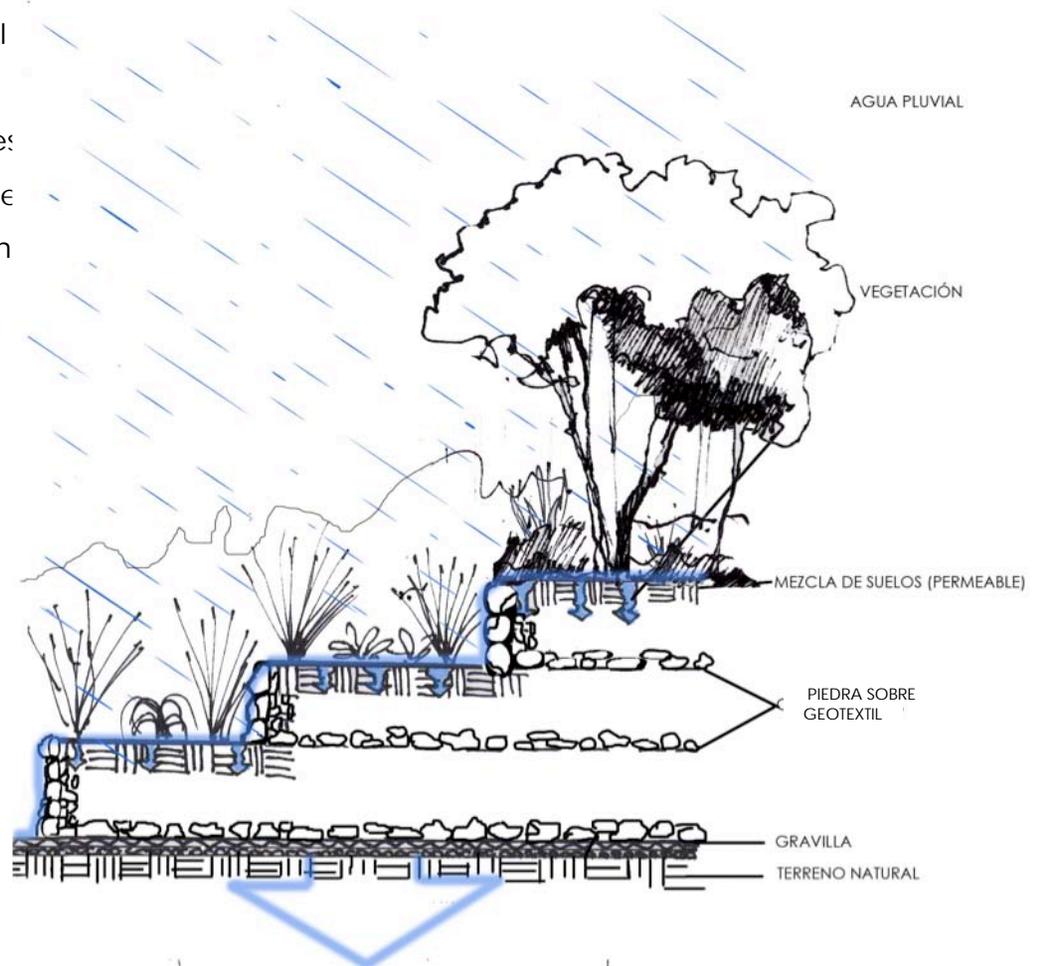


Figura 92. Terraceado.

ELEMENTOS DE ALMACENAMIENTO

Son las zonas o áreas en las que se deposita el agua pluvial para un uso posterior.

Almacenamiento abierto: Son las técnicas más empleadas para guardar, limpiar y oxigenar el agua pluvial y pueden ser perennes o estacionales ya que algunos se dejan secar en temporada de secas para la limpieza de lodos y otros sólo se abastecen de agua pluvial y cuando ésta falta, el cuerpo de agua se seca.

a) Estanques de Retención: cuerpo de agua artificial que posee vegetación y mantiene el agua pluvial en él mismo. El tamaño del estanque y las variaciones en diseño dependen del uso que se le vaya a dar y el lugar en el que se ubique; pueden ser incluso contemplativos o para crear un hábitat, sin embargo pueden tener vegetación que promueva la limpieza del agua pluvial.

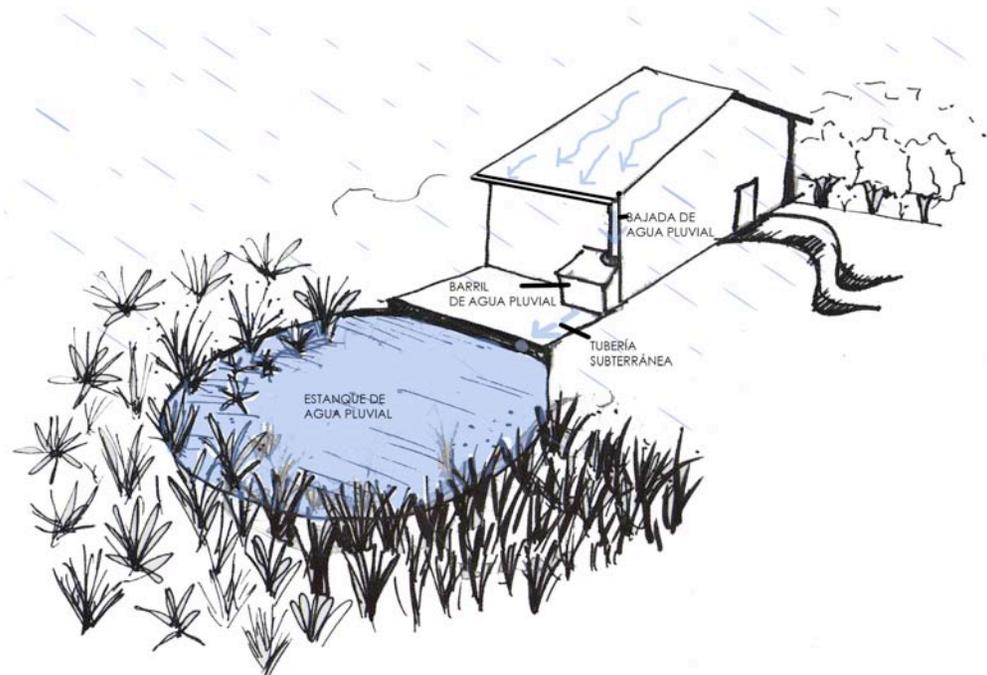


Figura 93. Ejemplo de e estanque de agua pluvial.

- b) *Vaso regulador*. Son áreas extensas con vegetación que permiten el desborde de exceso de agua pluvial concentrando o amortizando toda la carga de agua excedente de los drenajes para evitar encharcamientos e inundaciones, almacenándola a la espera de que las tuberías se descongestionen.
- c) *Humedales*:. Es un área que posee mucha humedad, la cual tiene como función principal purificar el agua de lluvia que se encuentra en ella, es por esto que utiliza gran diversidad de plantas acuáticas como los carrizos y zacates los cuales se ocupan de la limpieza del agua que se mantiene en este cuerpo de agua.

Éstos tres sistemas mencionados se encargan de tres funciones básicas⁶⁶: control de escurrimientos, mejorar la calidad del agua y dar un valor estético y ecológico al sitio. La mejor zona para ubicarlos es en las escorrentías de agua pluvial, o también zonas en donde se estanca el agua formando un ecosistema natural. La diferencia entre estos tres está en el grado de humedad que poseen, las dimensiones y principalmente sus funciones. Ninguno es permeable ya que en el caso de los humedales su suelo está compuesto por sedimentos que no permiten la permeabilidad del agua hacia el subsuelo, los estanques y los vasos reguladores están contruidos con materiales impermeables artificiales es por esto que son sistemas de almacenamiento.

- d) *Jagüeyes*: Son zanjas que se llenan de agua pluvial artificialmente mediante canales y escurrimientos dirigidos. hoy en día abundan en los Estados de Hidalgo, Querétaro y Tlaxcala. En suramérica son conocidos como quochas, y en India como Johad.

⁶⁶ FRANCE, Robert (2002) *Handbook of water sensitive planning and design*. Lewis Publisher, Estados Unidos de Norteamérica p.p. 29-32.



Figura 94. Jagüey de agua pluvial ubicado en carretera libre México-Veracruz, localidad de Calpulalpan Tlaxcala.

Almacenamiento cerrado: Son aquellas que se encargan de mantener el agua pluvial en una zona de resguardo, lejos de todo contacto con el medio ambiente exterior y son:

- a) *Barriles de agua pluvial:* Sirven para almacenar el agua pluvial recolectada en las azoteas; el agua pluvial se utiliza entonces para irrigación, para baños W.C., para lavandería y limpieza de la casa. Los barriles pueden ser de metal, plástico o madera y usualmente se encuentran muy cerca o adheridos al inmueble.⁶⁷ También en

⁶⁷ DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy (2007). *Rain Garden: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. editorial Time Press, Oregon Portland p.p.53

algunos países como Australia y Estados Unidos de Norteamérica, ponen dentro de los barriles de agua pluvial filtros granulométricos para limpiar el agua pluvial antes de que ésta salga de la llave.

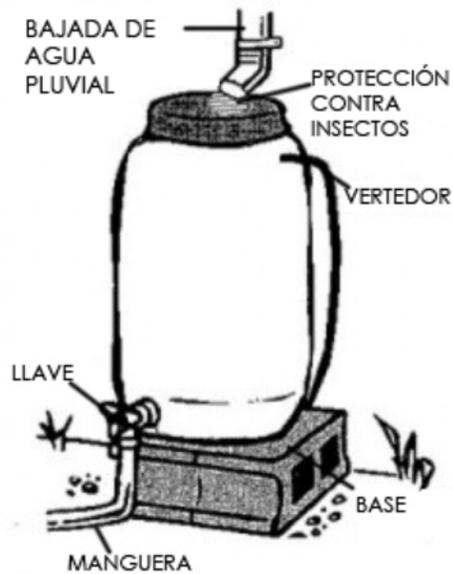


Figura 95. Ejemplo de barril de agua pluvial

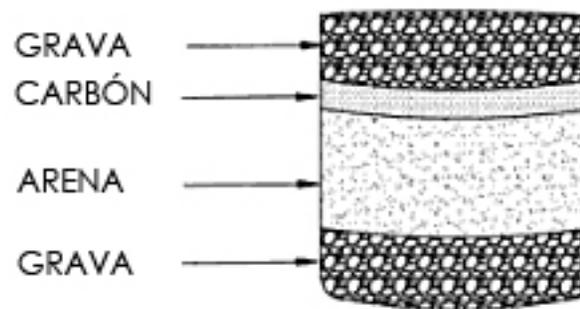


Figura 96. Ejemplo de un filtro. Éstos filtros pueden ubicarse al terminar la bajada de agua pluvial o justo al inicio del barril de agua de lluvia.

b) *Tanques de cosecha de agua pluvial:* Son grandes contenedores, que recolectan el agua pluvial de techos y canales almacenándola para su empleo en baños, lavandería, limpieza de las casas y lavado de auto.⁶⁸ Para

⁶⁸ DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy.(2007). *Rain Garden: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. editorial Time Press, Oregon Portland p.p.99

limpiar el agua, ésta debe pasar por filtros que se pueden ubicar después de la bajada de agua pluvial y antes del almacenamiento. Los tanques pueden estar hechos de fibra de vidrio, polietileno, PVC o ferrocemento.

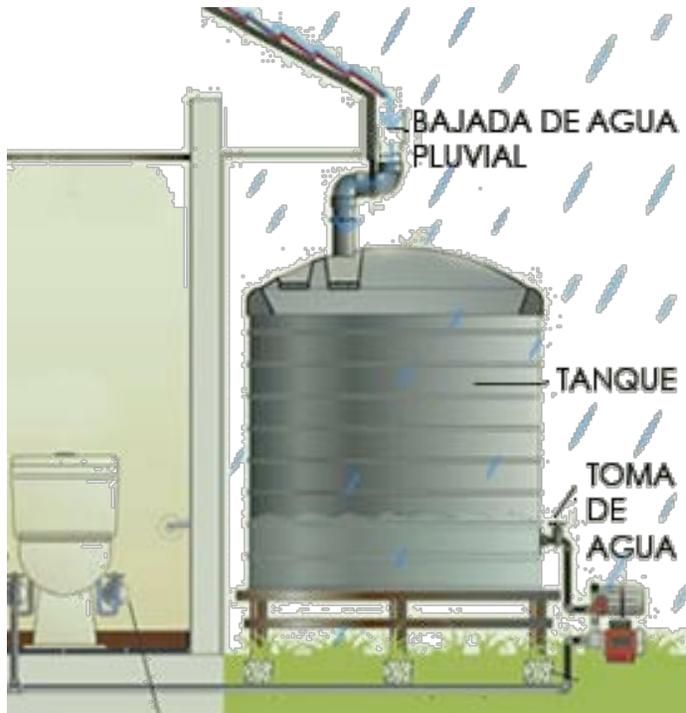


Figura 97. Ejemplo de tanque de agua pluvial

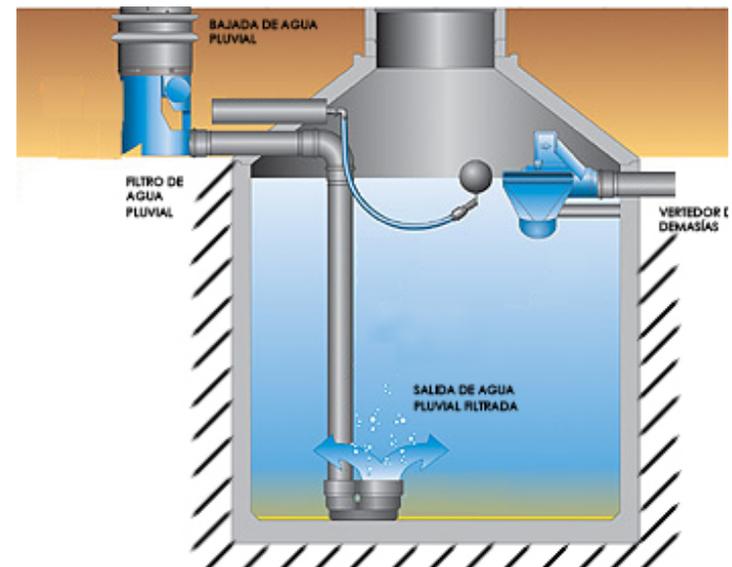


Figura 98. Corte de un tanque de agua pluvial

c) Cisterna: Son grandes contenedores, que recolectan el agua pluvial de techos y canales, almacenándola para su uso posterior.

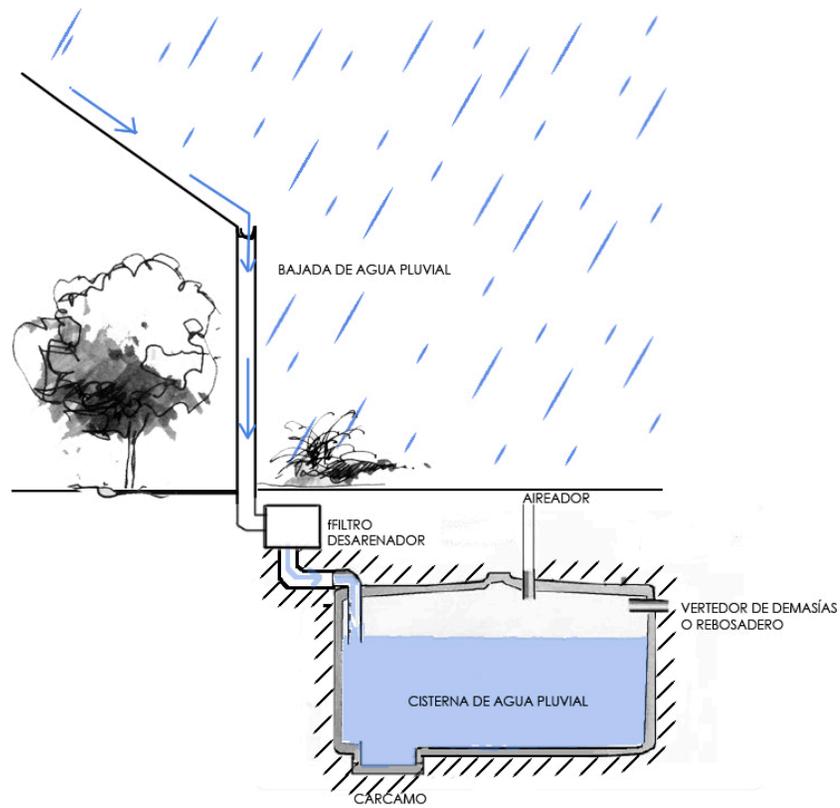


Figura 99. Ejemplo de cisterna de agua pluvial.

TABLA DE RESUMEN DE ELEMENTOS DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL.

<u>ELEMENTO</u>	<u>CAPTACIÓN</u>	<u>CONDUCCIÓN</u>	<u>INFILTRACIÓN</u>	<u>ALMACENAMIENTO</u>
CUBIERTA				
PISO				
SUELO PERMEABLE				
PAVIMENTO PERMEABLE				
ATRAPANIEBLAS				
CANAL				
BADEN				
DISTRIBUIDOR O EFUSIONADOR				
TUBERÍAS				
JARDÍN DE AGUA PLUVIAL				
TERRACEADO				
SURCOS INFILTRANTES				
TIRAS FILTRANTES				
MACETONES				
FOSA DE INFILTRACIÓN GRANULOMÉTRICA				
POZO SECO				

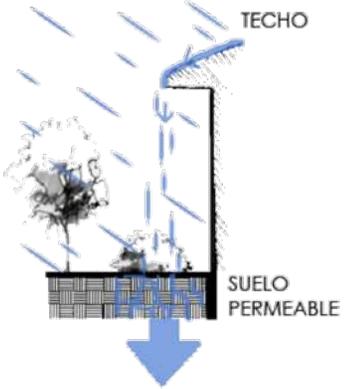
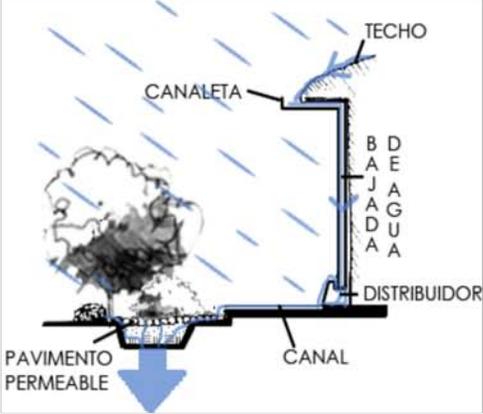
ESTANQUE				
VASO REGULADOR				
HUMEDAL				
JAGÜEY				
BARRIL DE AGUA PLUVIAL				
TANQUE DE AGUA PLUVIAL				
CISTERNA DE AGUA PLUVIAL				

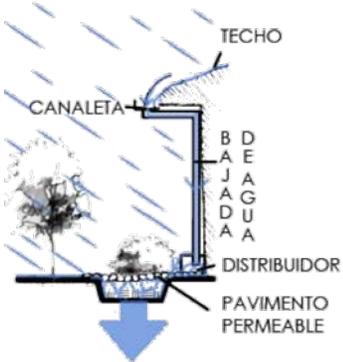
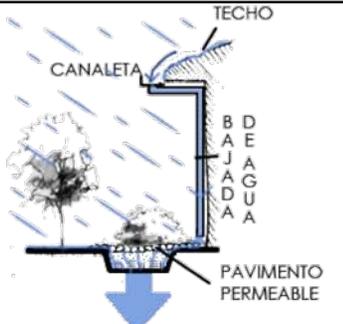
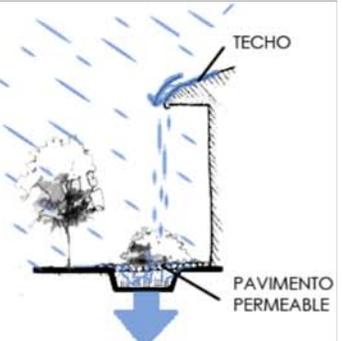
A continuación se enlistan ejemplos de Descripción de técnicas de manejo de agua pluvial desde el techo hasta su destino final,.

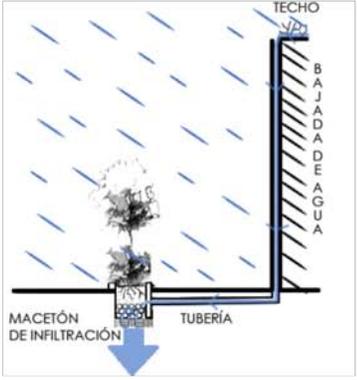
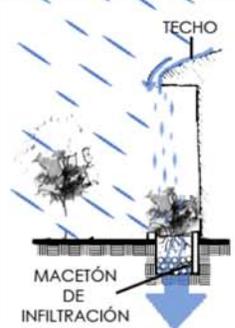
TÉCNICAS DE MANEJO DE AGUA PLUVIAL			
TÉCNICAS DE AGUA PLUVIAL USADAS DESDE LOS TECHOS HASTA SU DESTINO FINAL.			
ESQUEMA	ELEMENTOS	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>DISTRIBUIDOR DE AGUA</p> <p>↓</p> <p>CANAL/ BADÉN</p> <p>↓</p> <p>FOSA GRANULOMÉTRICA</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua de lluvia es captada en el techo y conducida por gravedad mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial, disminuyendo su velocidad de caída en el distribuidor de agua para evitar salpicaduras y pérdida de agua al llegar al canal o al badén; el canal o el badén llevan el agua pluvial hacia la fosa para su infiltración.</p> <p>En este caso se utiliza un canal si la cantidad de agua es mucha, sino se puede utilizar un badén. Ambos casos se usan: como método de conducción si se desea que la fosa de infiltración esté lejos del inmueble, porque existe presupuesto para la construcción de un canal, o por motivos de diseño.</p>
	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>DISTRIBUIDOR DE AGUA</p> <p>↓</p> <p>FOSA GRANULOMÉTRICA</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida por gravedad mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial para después disminuir su velocidad usando un distribuidor de agua y permitir su infiltración en la fosa granulométrica. Éste procedimiento es similar al anterior pero en éste la fosa de infiltración es construida muy cerca del inmueble, por lo tanto no es necesario un elemento de conducción, ésta técnica se utiliza cuando se quiere obtener una infiltración inmediata.</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TUBERÍA ↓ FOSA GRANULOMÉTRICA </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua de lluvia es captada en el techo y conducida por gravedad mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial, uniéndose con la bajada de agua pluvial, la tubería conduce el agua hacia la fosa granulométrica para su infiltración. En este caso se utiliza una tubería por razones de costo, por razones de higiene, porque no hay espacio o dinero para construir un canal, para evacuar al agua mucho más rápido, para evitar construir otros elementos de conducción, por la distancia que debe recorrer el agua para llegar a su destino final, o por razones de diseño.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ FOSA GRANULOMÉTRICA </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua de lluvia es captada en el techo y conducida por gravedad mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial para desembocar en la fosa granulométrica e infiltrarse. Está técnica es sencilla sin embargo puede haber salpicaduras al momento en el que el agua pluvial sale de la bajada de agua, sin embargo, si existe una buena fosa granulométrica y se impermeabiliza bien el inmueble la técnica no causa mayor estrago.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ FOSA GRANULOMÉTRICA </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua de lluvia es captada en el techo y conducida por gravedad mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial para desembocar en la fosa granulométrica e infiltrarse. Ésta técnica para infiltrar el agua en la fosa granulométrica es la más simplificada de todas las anteriores, sin embargo, habrá muchas salpicaduras en el instante en el que el agua caiga, no obstante, la propiedad de la fosa granulométrica para infiltrar es muy alta, por lo tanto no favorece la creación de encharcamientos, ni escurrimiento. El objetivo de infiltrar el agua se cumple y la mano de obra para esta técnica es barata.</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TUBERÍA ↓ POZO SECO </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial hacia el suelo y llevada mediante una tubería hacia el pozo seco para su infiltración. Ésta técnica de infiltración es igual de eficaz que las anteriores, salvo que puede ser un poco mas costosa y complicada, ya que no existen muchas fábricas que manejen pozos secos en la república mexicana, se deben mandar desde el extranjero.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ DISTRIBUIDOR DE AGUA ↓ SUELO PERMEABLE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante una canaleta y una bajada de agua pluvial hacia el suelo, después se disminuye su velocidad utilizando un distribuidor de agua para permitir su lenta infiltración en el suelo permeable. Ésta técnica de infiltración es buena, sin embargo, el suelo permeable filtra el agua más lentamente que un pozo granulométrico, es por esto que el distribuidor es sumamente recomendado al igual que material vegetal plantado en el suelo permeable para darle una mejor estructura y protección al suelo y favorecer una eficaz infiltración.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ SUELO PERMEABLE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante para permitir su infiltración en el suelo permeable. Ésta técnica de infiltración no es tan recomendable, ya que si el agua pluvial viene con mucha velocidad, en el lugar en el que desemboque se hará un hoyo, además de que si el suelo permeable filtra medianamente rápido y es demasiada agua pluvial, se favorecerá la creación de estancamientos y salpicaduras. Si se quiere utilizar ésta técnica se deben tener muy en cuenta las propiedades del suelo y ayudarse de pavimentos permeables o impermeables para amortiguar la caída del agua hacia el suelo, y así permitir que la infiltración sea más rápida y eficaz.</p>

 <p>TECHO</p> <p>SUELO PERMEABLE</p>	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>SUELO PERMEABLE</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo para después ser nuevamente captada en el suelo permeable e infiltrarse. En mi opinión ésta técnica no se debe utilizar mucho; el agua pluvial generalmente viene con mucha fuerza y si no tiene algun método que la conduzca o la controle, cuando caiga en el suelo permeable hará hoyos en él dañando la estructura del suelo, y a la larga provocando que exista menos infiltración, además de que dará la sensación de un lugar descuidado y en deterioro. Si se quiere utilizar ésta técnica, se debe amortiguar la caída del agua con algún arbusto resistente para así favorecer la retención y estructura del suelo y una mejor infiltración de agua pluvial, así como se debe de tener en cuenta las características del suelo y la cantidad de agua pluvial que cae en la zona, para que ésta propuesta funcione.</p>
 <p>TECHO</p> <p>CANALETA</p> <p>B D E J A G U A A</p> <p>DISTRIBUIDOR</p> <p>PAVIMENTO PERMEABLE</p> <p>CANAL</p>	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>DISTRIBUIDOR DE AGUA</p> <p>↓</p> <p>CANAL/ BADÉN</p> <p>↓</p> <p>PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, para después ser conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el distribuidor de agua, que disminuye su velocidad para evitar salpicaduras y pérdida de agua, y conducirla hacia el canal que la llevará hacia un pavimento permeable para su infiltración. Ésta técnica de infiltración, es eficaz siempre que el pavimento permeable tenga la capacidad de infiltrar rápidamente el agua pluvial. Si el pavimento permeable no es suficiente siempre se podrá ayudar de algún otro elemento de infiltración como las tiras infiltrantes, los surcos infiltrantes, suelo permeable alrededor de</p>

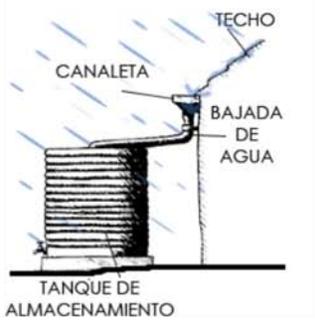
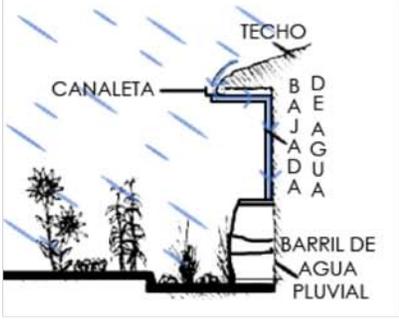
 <p>TECHO CANALETA B D E A J A A G U A D U A DISTRIBUIDOR PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>DISTRIBUIDOR DE AGUA</p> <p>↓</p> <p>PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo, para después disminuir su velocidad utilizando un distribuidor y posteriormente infiltrarla utilizando un pavimento infiltrante. En esta técnica el pavimento permeable está inmediato al inmueble, esta técnica es funcional siempre y cuando el pavimento permeable permita el rápido paso del agua a través de él o se ayude de otros elementos de infiltración como el suelo permeable para una mejor infiltración. Es una buena técnica ya que protege al suelo permeable cuando este está expuesto y favorece la infiltración del agua, además de que puede tener un diseño estético que favorezca el paisaje urbano-arquitectónico.</p>
 <p>TECHO CANALETA B D E A J A A G U A D U A PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo y posteriormente infiltrarla utilizando un pavimento permeable. Esta técnica aunque es una simplificación de las anteriores, es buena, ya que la velocidad de caída del agua se amortigua en el pavimento permeable y no en el suelo facilitando la infiltración del agua pluvial sin erosionar el suelo. No obstante, se debe tener en cuenta la capacidad de infiltración del pavimento permeable para así saber si se necesita de algún otro elemento de infiltración para que la técnica funcione adecuadamente.</p>
 <p>TECHO PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>PAVIMENTO PERMEABLE</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, y posteriormente captada en el pavimento permeable para infiltrarla. Esta técnica, si bien es mejor que la de Techo- Suelo Permeable, no es tan óptima como las demás. La caída del agua desde el techo hasta el suelo es larga y por lo tanto cae con mucha fuerza, aunque el pavimento permeable es resistente, las juntas que lo componen no lo son y con el tiempo pueden llegar a erosionarse y dejar de infiltrar adecuadamente.</p>

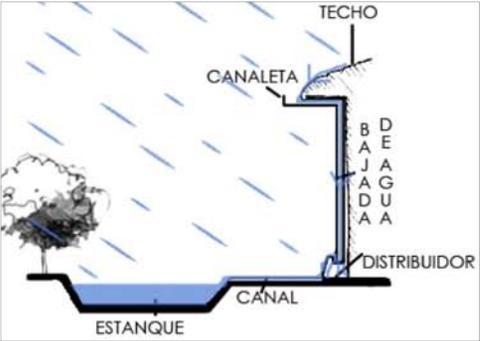
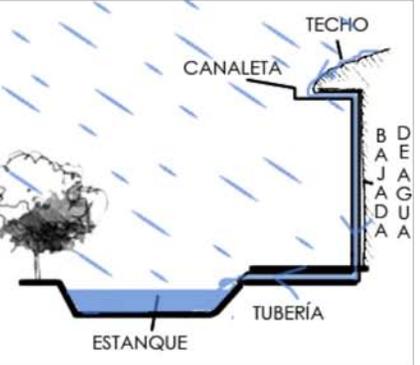
 <p>TECHO BAJADA DE AGUA MACETÓN DE INFILTRACIÓN TUBERÍA</p>	<p>TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TUBERÍA ↓ MACETÓN</p>	<p>CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo, para después unirse a una tubería y posteriormente infiltrarla en el macetón. Esta técnica utiliza la tubería: porque no hay espacio, tiempo o dinero para construir un canal y se necesita llevar el agua un tramo considerable hasta el macetón, para librar algún obstáculo, por razones de diseño. El macetón de agua pluvial infiltra el agua tan rápidamente como un buen suelo permeable o como un pavimento permeable pero menos que un pozo granulométrico. Esta propuesta suele utilizarse en las zonas urbanas en los Estados Unidos de Norteamérica.</p>
 <p>TECHO BAJADA DE AGUA MACETÓN DE INFILTRACIÓN</p>	<p>TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ MACETÓN</p>	<p>CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo, para posteriormente infiltrarla en el macetón. En esta técnica la infiltración de agua es más directa, el macetón está muy próximo al inmueble y además de infiltrar también sirve como un distribuidor de agua pluvial. Se deben tener en cuenta las especies vegetales que se pondrán dentro de él así como una buena elección de mezcla de suelo para fomentar la infiltración.</p>
 <p>TECHO MACETÓN DE INFILTRACIÓN</p>	<p>TECHO ↓ MACETÓN</p>	<p>CAPTACIÓN ↓ INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y posteriormente captada e infiltrada en el macetón. En esta técnica la infiltración de agua es más directa, el macetón está muy próximo al inmueble y además de infiltrar también sirve como un distribuidor de agua pluvial. Sin embargo se debe recordar que la caída del agua desde el techo puede ser muy fuerte provocando que el material vegetal se deteriore y a la larga que el agua no se infiltre totalmente. Se deben tener en cuenta las especies vegetales que se pondrán dentro del macetón para que soporten tal caída de agua y aún así es probable que las plantas se deterioren con el pasar del tiempo, cosa que no sucede en las dos técnicas anteriores.</p>

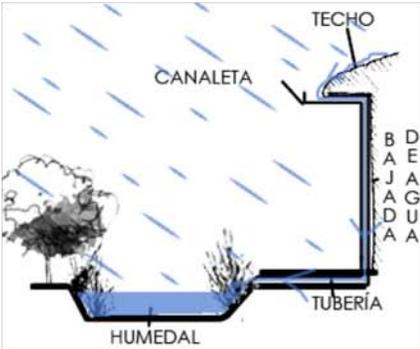
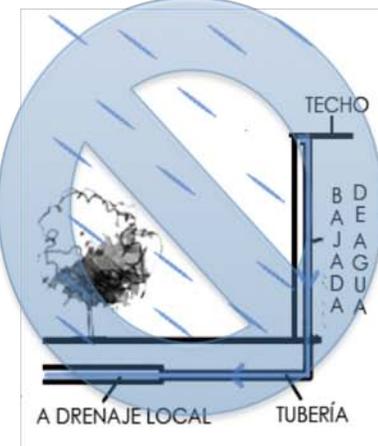
	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>DISTRIBUIDOR DE AGUA</p> <p>↓</p> <p>CANAL/ BADÉN</p> <p>↓</p> <p>JARDÍN DE AGUA DE LLUVIA</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo, para después disminuir su velocidad utilizando un distribuidor, para conducirla hacia un canal y posteriormente infiltrarla utilizando un jardín de agua pluvial. El jardín de agua pluvial debe localizarse un poco alejado del inmueble, sobre pendientes suaves, y lejos de infraestructuras. Se debe ubicar en lugares en donde las plantas puedan crecer libremente y la caída de agua no sea fuerte para que la acción absorbidora e infiltradora del jardín sea óptima.</p>
	<p>TECHO</p> <p>↓</p> <p>CANALETA</p> <p>↓</p> <p>BAJADA DE AGUA PLUVIAL</p> <p>↓</p> <p>TUBERÍA</p> <p>↓</p> <p>JARDÍN DE AGUA DE LLUVIA</p>	<p>CAPTACIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>↓</p> <p>INFILTRACIÓN</p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo, conducida mediante la canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo, después es conducida hacia una tubería y posteriormente infiltrada utilizando un jardín de agua pluvial. El jardín de agua pluvial debe localizarse un poco alejado del inmueble, sobre pendientes suaves, y lejos de infraestructuras. Se debe ubicar en lugares en donde las plantas puedan crecer libremente y la caída de agua no sea fuerte para que la acción absorbidora e infiltradora del jardín sea óptima.</p>

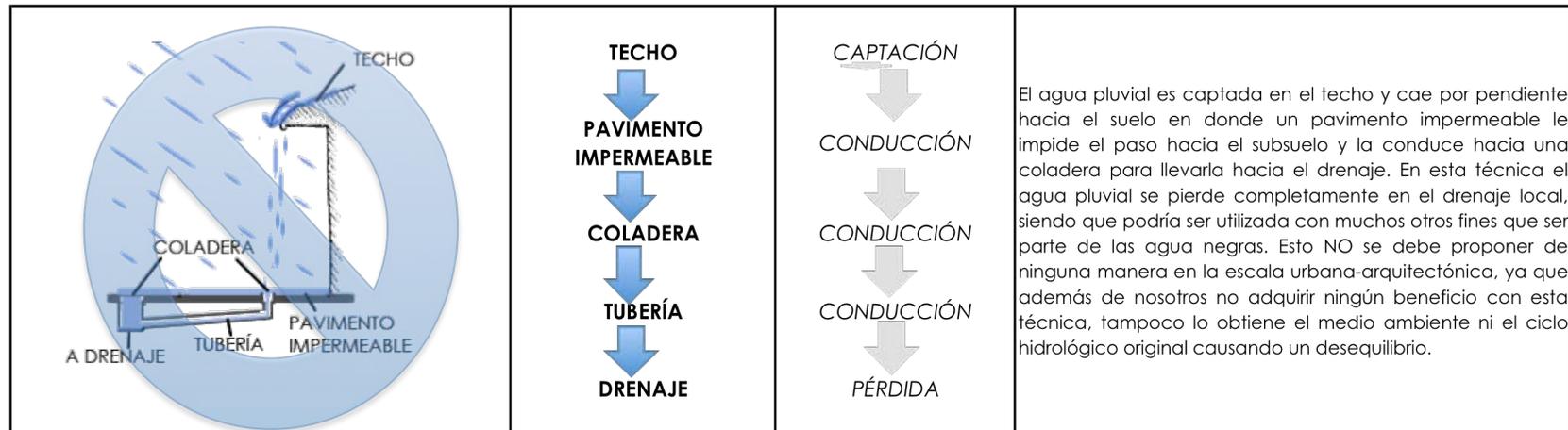
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ DISTRIBUIDOR DE AGUA ↓ PAVIMENTO IMPERMEABLE ↓ SURCO INFILTRANTE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo para conducirla por una canaleta y la bajada de agua pluvial para después disminuir su corriente con un distribuidor y desembocarla en un pavimento impermeable, el cuál sirve de conductor hacia los surcos infiltrantes para permitir el paso del agua al subsuelo. Esta técnica se puede utilizar en zonas con pendientes fuertes o con pendientes ligeras, y usualmente reciben agua pluvial de pavimentos o suelos impermeables.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ PAVIMENTO IMPERMEABLE ↓ SURCO INFILTRANTE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo para conducirla por una canaleta y la bajada de agua pluvial, para desembocarla en un pavimento impermeable, el cuál sirve de conductor hacia los surcos infiltrantes para permitir el paso del agua al subsuelo. Esta técnica se puede utilizar en zonas con pendientes fuertes o con pendientes ligeras, y usualmente reciben agua pluvial de pavimentos o suelos impermeables.</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ DISTRIBUIDOR DE AGUA ↓ TIRAS INFILTRANTES </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial, para después disminuir su velocidad utilizando un distribuidor, e infiltrarla utilizando las tiras infiltrantes. Esta técnica se utiliza principalmente en zonas que tengan mucha pendiente y zonas con un porcentaje alto de agua pluvial; utilizando tres estratos diferentes se obtiene una infiltración rápida y muy eficaz.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TIRAS INFILTRANTES </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ INFILTRACIÓN </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial, para después infiltrarla utilizando las tiras infiltrantes. Esta técnica se utiliza principalmente en zonas que tengan mucha pendiente y zonas con un porcentaje alto de agua pluvial; utilizando tres estratos diferentes se obtiene una infiltración rápida y muy eficaz. Se debe tener cuidado de poner algún pavimento permeable o impermeable en el lugar en el que cae el agua pluvial de la bajada de agua para evitar hoyos y erosión de el suelo permeable.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TUBERÍA ↓ TANQUE DE ALMACENAMIENTO </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el suelo para posteriormente conducirla a través de una tubería hacia un tanque de almacenamiento subterráneo.</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TANQUE DE ALMACENAMIENTO </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el tanque de almacenamiento.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ BARRIL DE AGUA PLUVIAL </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial hacia el un barril de agua pluvial para ahí almacenarla temporalmente.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO ↓ CANALETA ↓ BAJADA DE AGUA PLUVIAL ↓ TUBERÍA ↓ CISTERNA </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ CONDUCCIÓN ↓ ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una canaleta y la bajada de agua pluvial unida con una tubería, que lleva al agua pluvial hacia una cisterna en dónde será almacenada temporalmente.</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO  CANAleta  BAJADA DE AGUA PLUVIAL  DISTRIBUIDOR DE AGUA  CANAL/BADÉN  ESTANQUE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN  CONDUCCIÓN  CONDUCCIÓN  CONDUCCIÓN  CONDUCCIÓN  ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante canaleta y bajada de agua pluvial hacia un distribuidor que se encarga de reducir la velocidad de caída del agua y la conduce hacia un canal que la desemboca en un estanque para su almacenamiento. Para la creación del estanque se debe tener en cuenta la cantidad de agua pluvial que cae en el sitio, así como, decidir si es un estanque temporal o perpetuo ya que si es temporal se deberá saber que uso tendrá cuando no caiga agua de lluvia y si es perpetuo se deberá tener otra fuente de agua que lo llene cuando sea necesario; también se debe tomar en cuenta que</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO  CANAleta  BAJADA DE AGUA PLUVIAL  TUBERÍA  ESTANQUE </p>	<p style="text-align: center;"> CAPTACIÓN  CONDUCCIÓN  CONDUCCIÓN  CONDUCCIÓN  ALMACENAMIENTO </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante canaleta y bajada de agua pluvial hacia el suelo y conducida posteriormente mediante una tubería que la desemboca en un estanque para su almacenamiento. Para la creación del estanque se debe tener en cuenta la cantidad de agua pluvial que cae en el sitio, así como, decidir si es un estanque temporal o perpetuo ya que si es temporal se deberá saber que uso tendrá cuando no caiga agua de lluvia y si es perpetuo se deberá tener otra fuente de agua que lo llene cuando sea necesario; así como también se debe tomar en cuenta que el agua estancada po</p>

	<p style="text-align: center;"> TECHO  CANALETA  BAJADA DE AGUA PLUVIAL  DISTRIBUIDOR DE AGUA  TUBERÍA  HUMEDAL </p>	<p style="text-align: center;"> <i>CAPTACIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>ALMACENAMIENTO</i> </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante canaleta y bajada de agua pluvial hacia el suelo y conducida posteriormente mediante una tubería que la desemboca en un humedal para su almacenamiento. Para la creación del humedal se debe tener en cuenta la cantidad de agua pluvial que cae en el sitio, así como, la vegetación que existirá en este sitio; así como también se debe tomar en cuenta que el agua estancada por más de 4 días favorece la creación de mosquitos y sus larvas por lo tanto se debe emplear algún método para airear, mantener en movimiento el agua y posible fauna que evite el crecimiento.</p>
	<p style="text-align: center;"> TECHO  BAJADA DE AGUA PLUVIAL  TUBERÍA  DRENAJE </p>	<p style="text-align: center;"> <i>CAPTACIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>CONDUCCIÓN</i>  <i>PÉRDIDA</i> </p>	<p>El agua pluvial es captada en el techo y conducida mediante una bajada de agua pluvial hacia una tubería que la conduce hacia el drenaje local. En esta técnica el agua pluvial se pierde completamente en el drenaje local, siendo que podría ser utilizada con muchos otros fines que ser parte de las aguas negras. Esto NO se debe proponer de ninguna manera en la escala urbana-arquitectónica, ya que además de nosotros no adquirimos ningún beneficio con esta técnica, tampoco lo obtiene el medio ambiente ni el ciclo hidrológico original causando un desequilibrio.</p>



Estos son sólo algunos ejemplos para manejar adecuadamente el agua pluvial, estos mismos se pueden recrear, cambiar algún elemento por otro que creamos conveniente, fusionar o mover de distinta forma, siempre y cuando cumplan su función y lleven el agua pluvial a un destino final que no sea la pérdida de la misma.

A continuación se muestran algunos ejemplos reales que manejan el agua pluvial adecuadamente en distintas ciudades y países.

CASOS ANÁLOGOS URBANO-ARQUITECTÓNICOS.

En esta sección se mostrarán ejemplos de como se maneja el agua pluvial en el mundo.

Manejo de agua pluvial en el área urbana.

Uso del agua pluvial en espacios abiertos casos análogos de plaza, autopista y estacionamiento.

- a) *Plaza:* Lugar abierto o espacio público circundado por edificios. ⁶⁹ Las plazas son espacios cívicos usualmente públicos o semi-públicos generalmente pavimentados y con algunos lugares sombreados, son grandes explanadas niveladas en las cuales la gente suele reunirse.

Alemania, Estados Unidos de Norteamérica y últimamente Japón y China se han preocupado por recolectar el agua pluvial que cae en las plazas; utilizando canales, badenes, cisternas subterráneas, pequeños desniveles para trabajar el diseño con el agua pluvial, entre otros. A continuación se mostrará la plaza de Nashville en Estados Unidos de Norteamérica la cual utiliza muchos elementos para el manejo de agua pluvial

La plaza cívica de Nashville, fue creada para mejorar la imagen urbana y dar jerarquía al edificio metropolitano del gobierno de Nashville, además de que era un espacio prácticamente residual y altamente contaminado ya que anteriormente solo era un estacionamiento y el agua que escurría en la época de lluvia se contaminaba al contacto con los aceites y la basura que se acumulaba en el sitio.

⁶⁹ BROTO, Carles (2003). Diccionario Técnico Arquitectura y Construcción. Editorial Océano, España p.p.408



Figura 100. Imágenes del estacionamiento del Edificio de Gobierno de Nashville antes de convertirse en la plaza cívica actual.

Fue por esto que en el año 2003 se propuso la renovación de este complejo incluyendo un estacionamiento subterráneo de cinco pisos. Teniendo en la parte superior lo que sería una cisterna cubierta por una azotea verde de uso intensivo que sería la plaza cívica de Nashville.

Una de las propuestas de los arquitectos paisajistas de Wallace Roberts & Todd era el establecimiento de una plaza accesible a todos los ciudadanos y tuviera conexión con el área peatonal metropolitana para así fusionarse de una forma auténtica con la ciudad.

El agua pluvial -es una parte integral del diseño de la plaza, el agua de lluvia que cae en este sitio es captada en la azotea verde es decir se capta en el pavimento y en los macetones para después ser conducida a una cisterna de agua pluvial que se encuentra debajo de este espacio público, para su almacenamiento.

El agua de lluvia es filtrada por medio de los macetones y los pavimentos, almacenada en la cisterna y presurizada con bombas para irrigación o para las fuentes del sitio mismo. Así

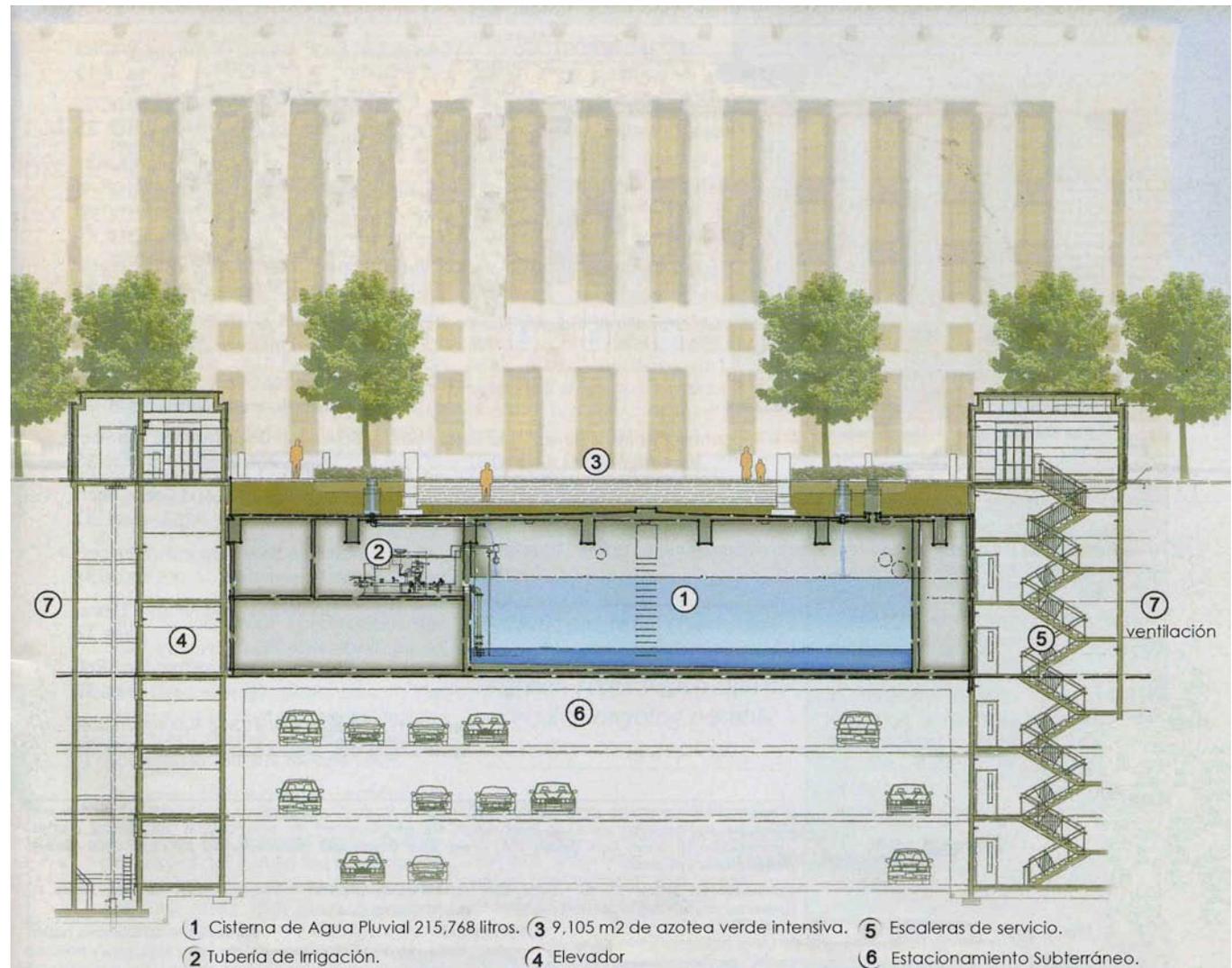


Figura 101. Sección de la Plaza Cívica en la zona de la cisterna de agua pluvial.

el agua cumple su ciclo y se mantiene en constante movimiento para evitar su putrefacción.

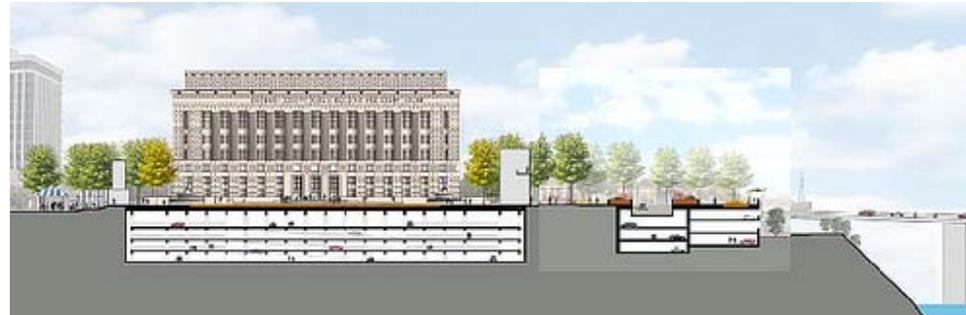


Figura 102. Corte que muestra los niveles del estacionamiento .

Figura 103. Collage de imágenes mostrando el manejo de agua pluvial en la plaza.

b) Autopista: Son espacios abiertos que tienen alto potencial de manejo de agua y diseño paisajístico, usualmente éstos espacios son desperdiciados y no se desarrolla su máximo potencial para captar el agua pluvial e infiltrarla o almacenarla en las áreas verdes que usualmente circundan las autopistas. Debe tenerse en cuenta la textura del suelo, el tipo de vegetación y la infraestructura que se construyó en el sitio, para saber en que lugares se puede infiltrar y en cuales se estanca.

En Brasil, Estados Unidos de Norteamérica y Alemania han tratado de aprovechar estos espacios para infiltración de agua de lluvia, a continuación se presentarán 3 manejos de carreteras de cada uno de los países mencionados

1. Brasil- El Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropicó Semi-Arido de Brasil ha hecho varios estudios en cuanto a el manejo de ésta técnica llamada: Sistema de Aprovechamiento de la Escorrentía Superficial por medio de Galerías Filtrantes para Subirrigación (SAES-GFS) en Brasil.⁷⁰ Esta técnica consiste en el manejo de las galerías filtrantes para el aprovechamiento del agua pluvial que no son más que fosas infiltrantes granulométricas. Tienen una zona de captación que sería la calle o carretera la cual

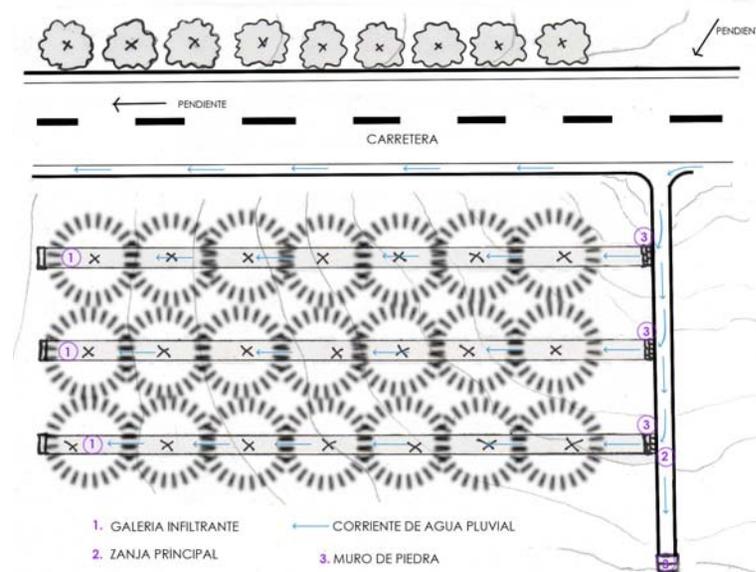


Figura 104. Planta de las Galerías filtrantes.

⁷⁰ ANAYA, Manuel (2000). *Manual de captación y Aprovechamiento del agua de lluvia*. Oficina Regional de la FAO para América latina y el Caribe, Santiago, Chile. p.p.118-130.

por gravedad conduce el agua pluvial hacia la zanja o badén principal de almacenamiento, ésta mide no más de 1.00 metro de ancho por 1.00m de alto y de longitud variable con pendiente no más de 1%, su función principal es llevar el agua hacia las galerías filtrantes, Usualmente el agua que lleva la carretera es de corriente fuerte por lo tanto se pueden utilizar piedras o distribuidores para disminuir la velocidad del agua. El agua es dirigida hacia las galerías filtrantes que son canales con una mezcla de suelos permeable que consiste en 20% de suelo arcilloso, 25% de limos y 55% arenas, ubicados paralelos a la zanja principal la cual es un canal que lleva el agua pluvial proveniente de la autopista. La tierra de galería filtrante debe ser muy permeable y con una alta capacidad de campo para incrementar la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de humedad en el suelo. Los extremos de las galerías filtrantes deben estar cerrados, en la parte posterior por el propio suelo y en la parte anterior por paredes construidas con bloques de

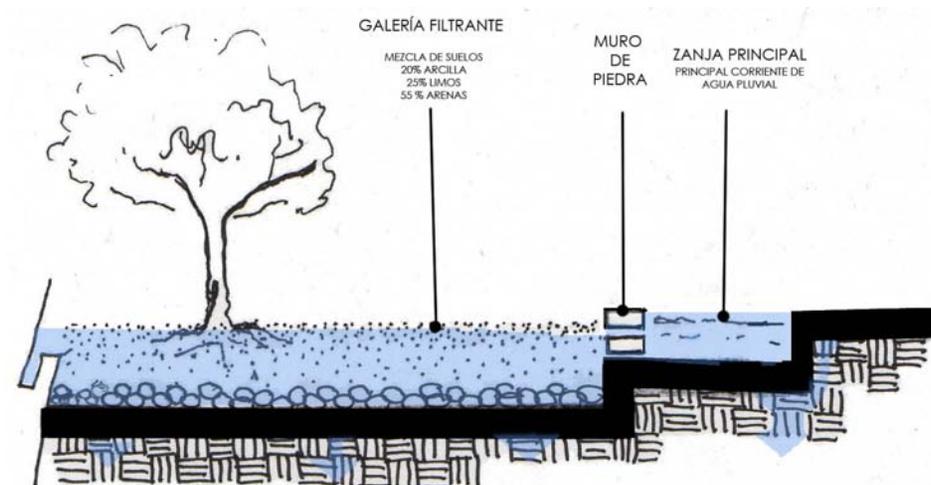


Figura 105. Sección de las Galerías Filtrantes

cemento o ladrillos de barro agujerados para permitir el paso del agua. Estas técnicas no llevan autor ni fecha de creación ya que al igual que las terrazas y los jagüeyes son conocidas y aplicadas por cultura y tradición

2. Bamberg, Alemania- Este proyecto realizado por A 70 consiste en un estanque de regulación que recolecta el agua pluvial de las autopista Bamberg-Bayreuth y se une con una biodepuradora la cual se encarga de la limpieza del agua mediante filtros vegetales y luego la infiltra hacia el subsuelo⁷¹.

El estanque de regulación se encarga de retener el agua y almacenarla para dejarla infiltrarse paulatinamente permitiendo que la basura y los sedimentos contaminantes se queden en el fondo de este cuerpo de agua en forma de lodos.

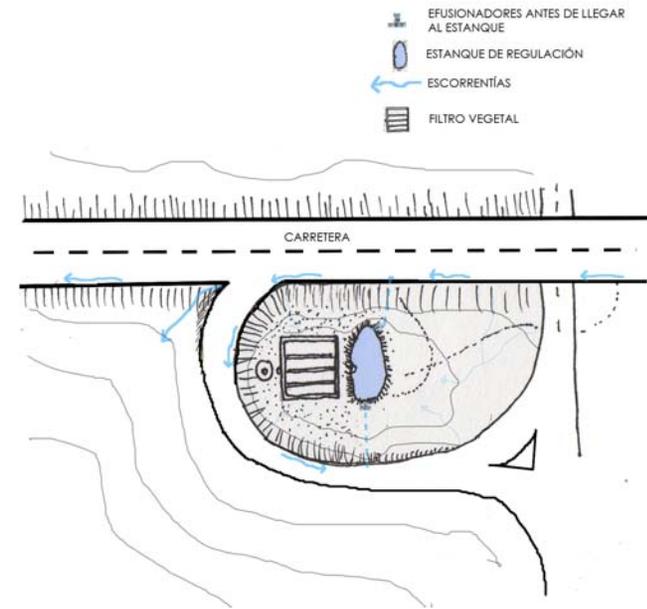
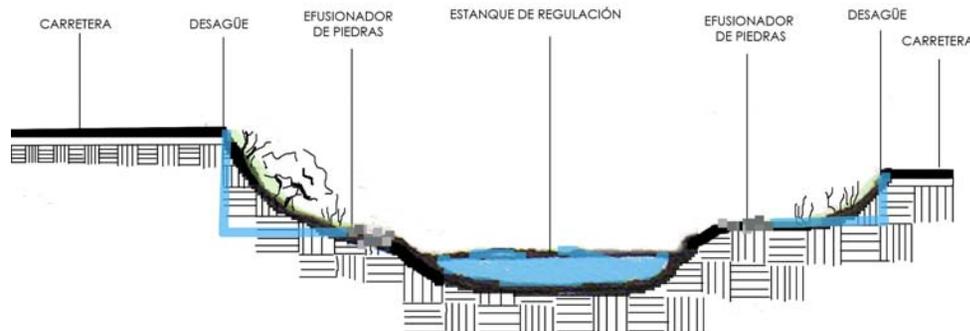


Figura 106. Planta y Corte de un Estanque de Regulación

⁷¹ IZEMBART, Hélène, LE BOUDEC, Bertrand (2005). *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. Gustavo Gili, Barcelona, España p.p 103-105

3. Estados Unidos de Norteamérica: En algunas carreteras norteamericanas se pueden encontrar los estanques de bioretención⁷² que son parecidos a los jagüeyes mexicanos o las quochas peruanas, sin embargo los jagüeyes se forman principalmente de escorrentías de los cerros más que de carreteras y son únicamente utilizados para consumo animal, no permiten la infiltración, ni limpian el agua.

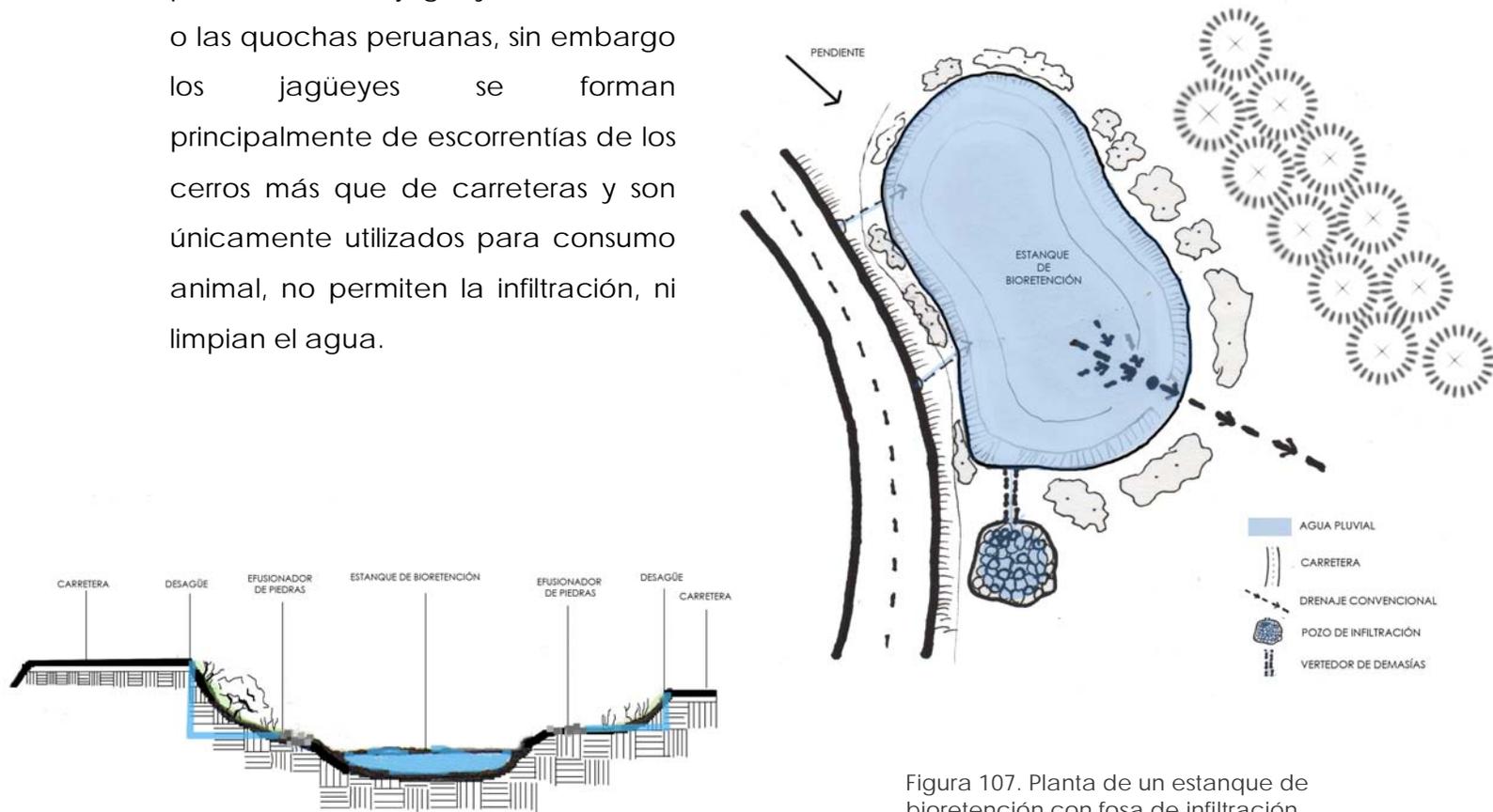


Figura 107. Planta de un estanque de bioretención con fosa de infiltración granulométrica.

⁷² ALDRETE, David, SCHARF, Misty. (2005). Case study: The design of a Bioratention area to treat highway runoff and control.. Stormwater Program California Office of Water Programs California State University, Sacramento

No obstante lo que más se utiliza en las carreteras de este país son los surcos filtrantes para permitir la rápida infiltración de agua pluvial. La diferencia entre éste y el superior es que el ejemplo de manejo de agua de arriba no infiltra el agua de lluvia, solo la almacena. Y el inferior la infiltra hacia el subsuelo

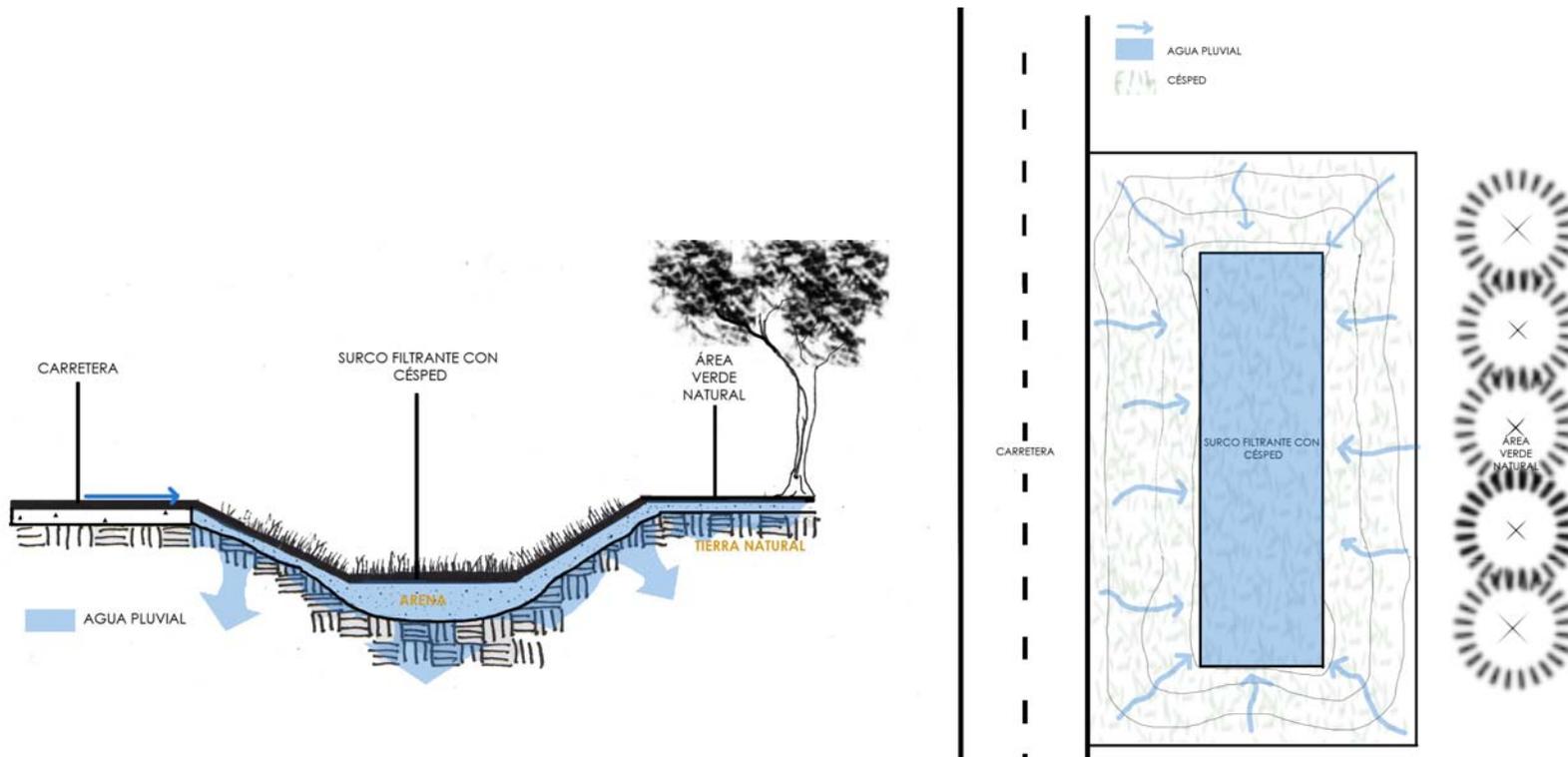


Figura 108. Corte y Planta de un Surco Infiltrante con Césped.

c) Estacionamiento de centro comercial Macys en Portland: El manejo de agua pluvial en los estacionamientos se hace por medio de surcos y/o filtros de bioretención, y bioinfiltración; por bioretención se entiende a los jardines ubicados en zonas impermeables, formados por una capa de vegetación apoyada sobre una cama de arena, y bajo ella pasa una tubería de drenaje subterráneo, su función es recibir el agua de lluvia, de los suelos impermeables, retenerla y almacenarla para descargarla paulatinamente al sistema de drenaje de la ciudad. Aunque permiten infiltrar al suelo natural sus objetivos principales son retener y amortiguar el caudal del agua pluvial para mejorar la calidad de la misma. La bioinfiltración consiste en un área de pasto sobre un filtro de arena en el fondo, que sirve para almacenar, retener e infiltrar el escurrimiento superficial, su objetivo principal es permitir una infiltración rápida y

eficaz hacia el subsuelo o hacia el drenaje convencional.⁷³

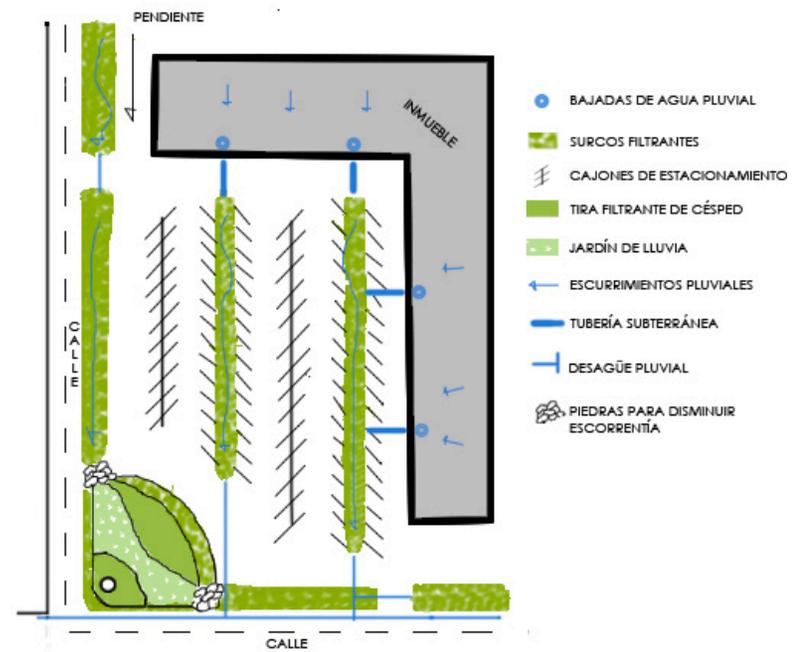
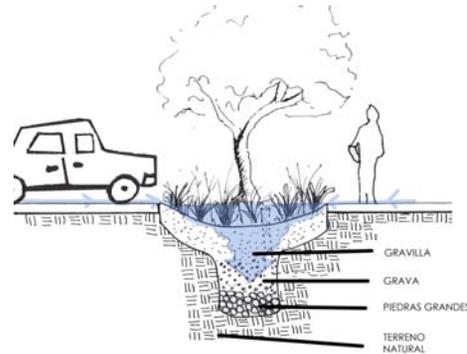


Figura 109. Planta y Corte del estacionamiento de Macys con surcos filtrantes.

⁷³ STEPHENS Kim, et. al. (2002) . Stormwater planning: A guideook for British Columbia Table of Contents. Ministry of Water: Land and Air Protection p.p. 7-28.

Portland – Oregón: Portland-Oregón es uno de los estados norteamericanos pioneros en el manejo de agua pluvial a nivel urbano-arquitectónico, esta ciudad posee programas para conocimiento y manejo de agua pluvial.

A nivel arquitectónico utiliza azoteas verdes para disminución de corriente de agua pluvial y primer filtro de la misma, jardines de agua de lluvia y macetones para infiltración y filtración del agua, badenes y tiras filtrantes en toda la ciudad permitiendo así la creación de una red de manejo de agua pluvial que envuelve la ciudad.



Figura 110. Macetones y Jardines de agua Pluvial que son parte de la ciclovia de Portland, Oregón.



La Ciudad de Portland, Oregón crea programas que incitan la participación de la comunidad para manejar el agua de lluvia, algunos ejemplos son el programa de incentivos de ecotechos sostenibles, la ciclovía del manejo de agua de lluvia la cuál hace un recorrido por las zonas de la ciudad que poseen manejo de agua pluvial y los pequeños programas de restauración de calles con manejo de agua pluvial como el que se presenta en el ejemplo inferior en la calle Siskiyou Noreste.

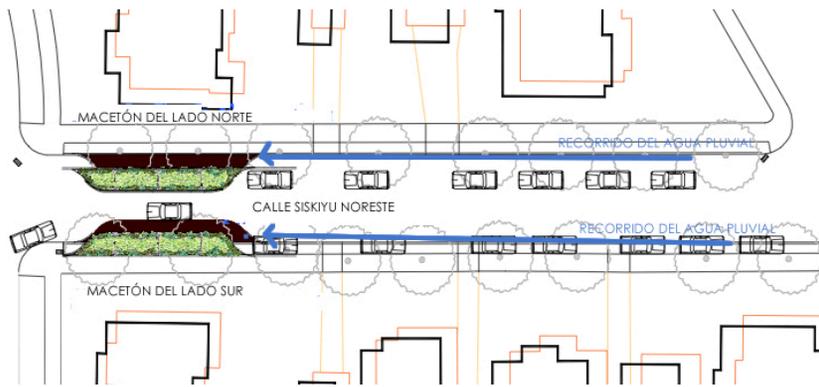
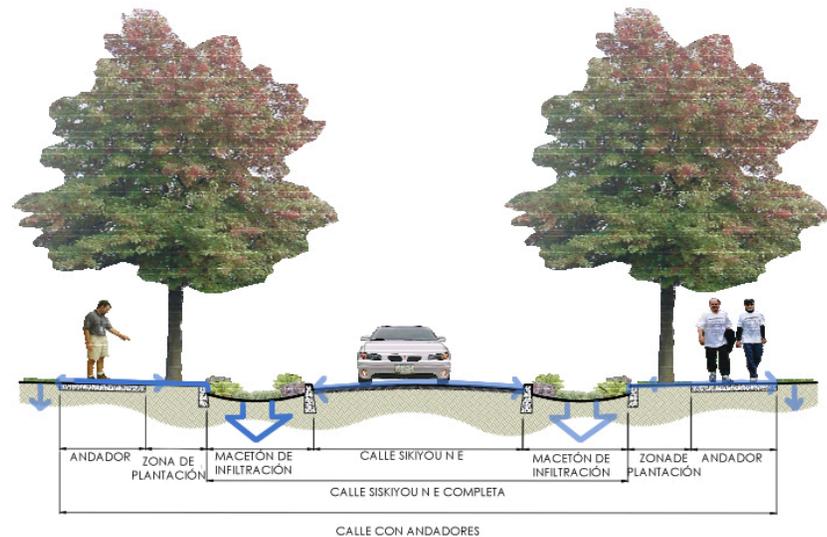


Figura 111. Planta de calle Siskiyou Noreste, Portland.



Figura 112. Imagen y Corte de Calle Siskiyou Noreste.



Zonas habitacionales Desarrollos de Bajo Impacto en Estados Unidos de Norteamérica:

Es el término general para describir la nueva alternativa que comprende el desarrollo de lotes dentro de los principios y prácticas que les permitan ser lugares urbanos hidrológicamente funcionales para mantener o recuperar el ciclo hidrológico en la zona en la que se ubiquen. Este nuevo método combina una serie de estrategias de conservación, minimización de medidas, manejo e integración a nivel arquitectónico y medidas de prevención de contaminación para así obtener un manejo de agua pluvial adecuado y proteger el ecosistema⁷⁴ La meta de los Desarrollos de Bajo Impacto es crear un sitio que contenga a escala arquitectónica, zonas de retención, conducción, infiltración y almacenamiento o tratamiento necesarias para alcanzar un nivel hidrológico sustentable es decir, su intención es restaurar el ciclo natural del agua dentro del paisaje urbano.

El Desarrollo de bajo impacto consta de 5 pasos⁷⁵

1. Aplicar técnicas convencionales de conservación y planeación con el propósito de conocer el ambiente que rodeara las edificaciones, para esto se utiliza la zonificación y las características ambientales del sitio como son: escurrimientos, humedales, bosques, preservación histórica, preservación agrícola, senderos y espacios abiertos.
2. Aplicar estrategias de minimización de impacto en la medida de lo posible para evitar el estancamientos por falta de filtración, evitar el uso de tuberías, mantener las zonas de recargas y minimizar las zonas residuales.
3. Mantener el paso de los flujos de agua originales en la construcción de los inmuebles.
4. Aplicar y distribuir prácticas de manejo integral para tratamientos, retención, conducción, infiltración o almacenamiento de agua, con tal de mantener el ciclo original del sitio, para estas prácticas se utilizarán los bio-

⁷⁴ FRANCE, Robert L. (2002). *Handbook of Water Sensitive Planning and Design*. editorial Lewis Publishers U.S.A, p.p.97

⁷⁵ IBIDEM p.p. 99

retenedores o jardines de agua de lluvia, tanques de agua pluvial, cisternas o depresiones para almacenar el agua de lluvia dentro de las zonas de conservación.

5. Proveer educación pública y socioeconómica efectiva para asegurarse de que los propietarios o dueños, utilicen y conozcan el manejo de agua pluvial del que serán partícipes y para prevenir problemas de contaminación en el predio.

El Desarrollo de bajo impacto es tan versátil y multifuncional que se utiliza en áreas verdes, paisajes, calles, senderos, parques, estacionamientos, azoteas... Restaurando las funciones hidrológicas de cada lugar y reduciendo los costos excesivos que se producen al no manejar adecuadamente el agua dentro de un espacio.

Como se mencionó anteriormente, los desarrollos de bajo impacto se ayudan de todas las herramientas de manejo de agua pluvial, es decir utilizan todas las técnicas para un desarrollo habitacional sustentable, que son las técnicas de captación, conducción, infiltración y almacenamiento.

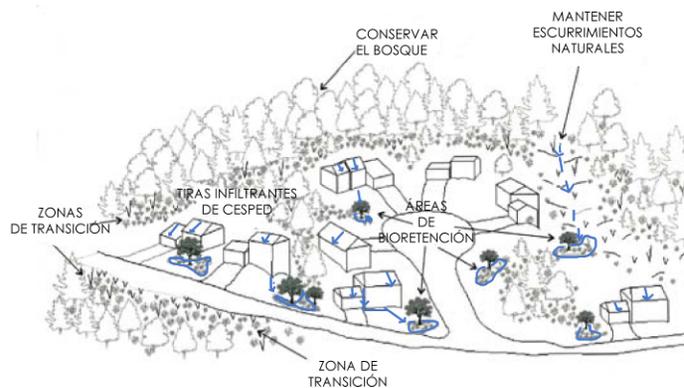


Figura 113. Técnicas de Desarrollos Habitacionales de Bajo Impacto en Nisqually. Estados Unidos Norteamericanos

Manejo de agua pluvial en la escala arquitectónica

Manejo del Agua Pluvial en casa- Estados Unidos de Norteamérica, México, Japón, Francia.

El manejo a escala arquitectónica partiendo de una casa o edificio seguirá los mismos dos pasos sin importar su diseño ni los materiales que se usen, estos son:

El agua es captada en el techo del inmueble, este inmueble puede o no tener una azotea verde para darle un primer tratamiento de limpieza al agua de lluvia, después el agua es conducida mediante bajadas de agua pluvial o por pendiente hacia el nivel de suelo para posteriormente manejarla según las necesidades del usuario es decir, puede almacenarla o infiltrarla

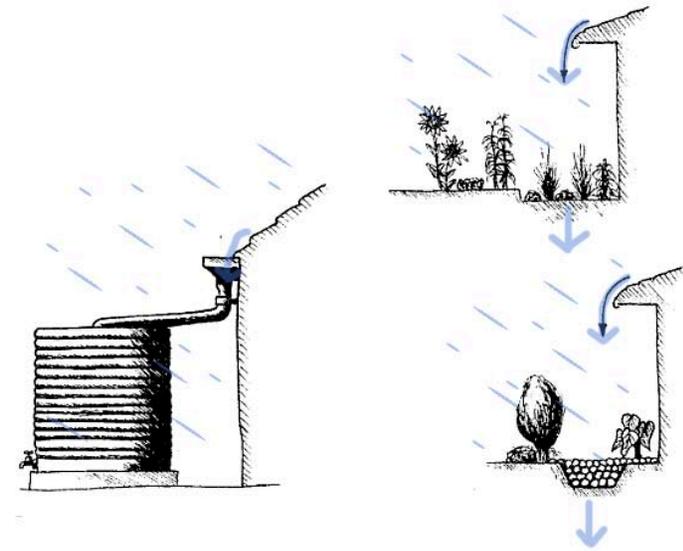


Figura 114. Diferentes formas de manejo del agua pluvial en un inmueble: Almacenamiento, Infiltración en suelo permeable, Infiltración con fosa granulométrica.

Permacultura Australiana.

La permacultura es un sistema que diseña los alrededores para integrar todos los componentes del ecosistema en un acercamiento holístico para una vida práctica y sustentable. Este sistema inició como una agricultura permanente y se enfocó en el crecimiento de la comida perenne y en el propósito de contar con agua todo el año. Posteriormente fue abarcando más y más cosas; desde los años 70's el concepto de la permacultura implementado por Ross y Jenny Mars,

también se desarrolló en los rubros de las finanzas, en comunidades, edificaciones así como en tecnologías apropiadas que favorezcan la permanencia de las comunidades humanas.

Así pues, podemos afirmar que la permacultura es la integración armónica del diseño con la ecología o bien como dice Bill Morrison, planeador de permacultura, es un sistema de diseño para la creación de ambientes sustentables humanos⁷⁶.

La disciplina de la cultura permanente posee ciertos puntos para favorecer un buen diseño sustentable.

1. Planear estrategias para el uso sustentable de la tierra sin desperdicios ni contaminación.
2. Serán establecidos ciertos sistemas para una producción de alimentos saludables.
3. Los paisajes degradados deben ser restaurados para la conservación de las especies endémicas u originarias de cada lugar, especialmente las que son raras y las que están en peligro de extinción.
4. Planear diseños que integren elementos que interactúen en ciclos naturales.
5. El consumo de energía será mínimo.

Ahora bien, estos puntos son importantes al momento de crear una cultura permanente en cuanto al manejo de agua pluvial. El diseño que se cree debe regresar a lo natural o tomar en cuenta a la naturaleza, el diseñador de paisajes debe ver las cosas de otra forma, debe buscar la ciudad en lo natural, no viceversa. Regresar a observar la naturaleza, y los ciclos naturales de los elementos pueden favorecer el diseño de una metrópoli. Respetar el ciclo natural del agua por ejemplo favorecerá a que las urbes no tengan inundaciones y evitará ciertos catástrofes naturales.

⁷⁶ DIVER, Steve.(2002) *Introduction to Permaculture: Concepts and Resources*. NCAT Agriculture Specialist

La permacultura en el manejo de agua pluvial es básicamente favorecer que el ciclo del agua se mantenga tanto en las áreas verdes como en las zonas construidas. La principal causa por la que el ciclo hidrológico no se completa en las ciudades es porque no hay una infiltración del agua de lluvia, hablar de la metrópoli es hablar de grandes edificaciones y pavimentos impermeables, es por esto que la permacultura propone:

- a) Crear terrazas en pendientes fuertes para evitar la erosión que los escurrimientos pluviales causan en los suelos, y facilitar así la infiltración del agua pluvial en un ambiente natural así como en su caso, favorecer a la agricultura.
- b) Creación y mantenimiento de las áreas verdes y recuperación de los estratos arbóreos para mejorar los suelos y permitir una infiltración rápida de la lluvia.
- c) Favorecer la infiltración del agua de lluvia en las ciudades mediante el uso de surcos filtrantes, pozos de infiltración granulométrica, estanques de bioretención, y pavimentos permeables.
- d) Diseño de un desagüe de agua pluvial que desaloje el agua pluvial de la ciudad y la conduzca a una planta depuradora con filtros vegetales para limpiar el agua y regresarla después a algún cuerpo de agua o hacia el subsuelo.

Favoreciendo el ciclo hidrológico se eliminarán los problemas de inundaciones y escasez de agua en varias zonas en el mundo. Los lineamientos son sencillos, lo difícil es cambiar la cultura actual para crear conciencia y favorecer la permanencia saludable y armoniosa de los seres humanos en el planeta.

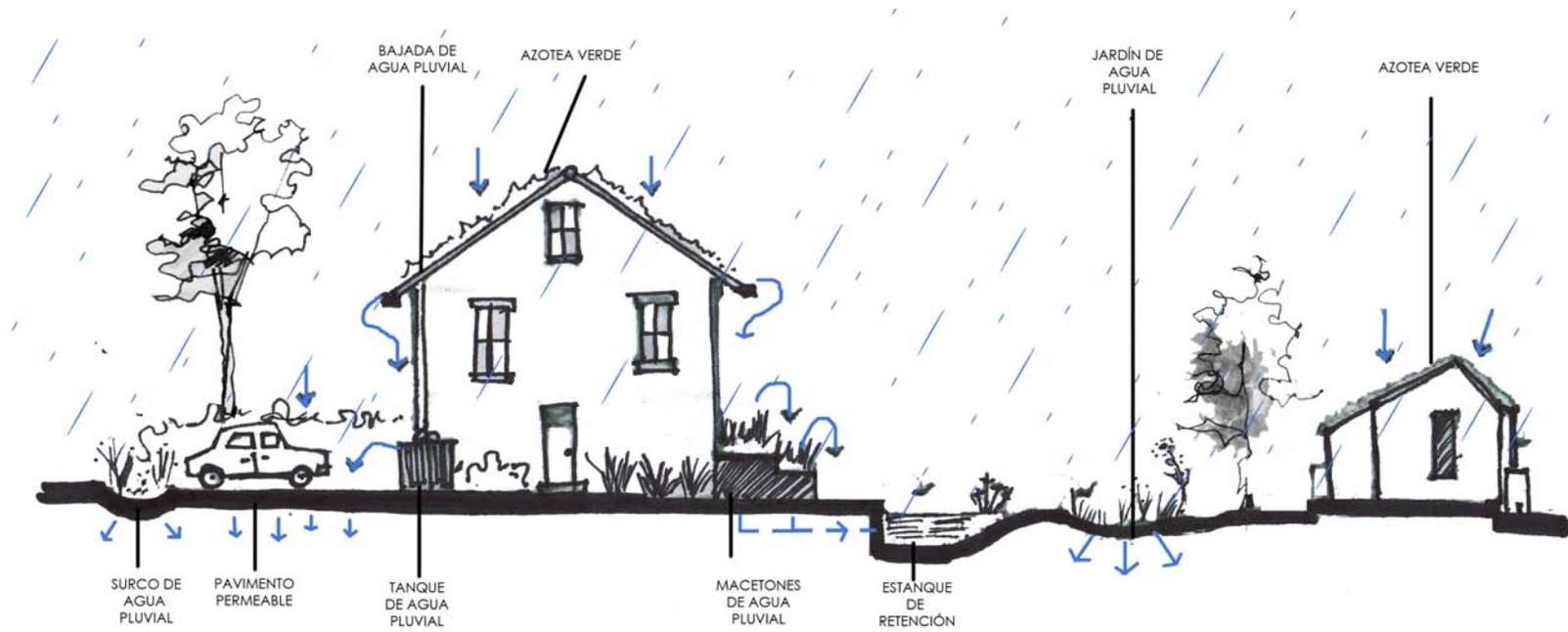


Figura 115. Manejo de una casa con permacultura.

Captación del agua pluvial utilizando camanchaca o atrapanieblas

CHILE – PERU. Captación de nieblas costeras.

Las camanchacas o atrapanieblas son mallas de polietileno sostenidas con postes de eucaliptos de 2 metros de altura máximo y alambre galvanizado⁷⁷usualmente miden 4 metros de ancho por 8 metros de largo y su función es captar el agua de las nieblas costeras para su almacenaje y uso.

En las zona costera de Chile las nubes son detenidas por los cordones montañosos de la cordillera costera y el resto se interna en valles, quebradas y mesetas formando bancos de niebla de altura o neblinas tradicionalmente llamadas por los pobladores camanchacas.⁷⁸ Estas neblinas costeras están formadas por microscópicas gotas de agua suspendidas, que al hacer contacto con algo que las intercepte se condensan.

La camanchaca es un recurso atractivo para su captación y manejo, ya que la niebla está presente la mayor parte del año y el agua es más pura en comparación con otras fuentes, además de ser prácticamente el único recurso hidrológico en algunas zonas. Si bien la idea de recolectar el agua de la niebla no es nueva, Chile y actualmente Perú son pioneros en el uso de esta tecnología.

El manejo del agua obtenida de la Camanchaca consta de tres partes : Captación, conducción y almacenamiento.

⁷⁷ <http://www.oei.org.co/sii/entrega5/art07.htm> y SOTO, Guido. (2000).Captación de agua de las Nieblas Costeras (Camanchaca), Chile. en Manual de Captación y aprovechamiento del agua de lluvia. FAO p.p.139

⁷⁸ SOTO, Guido. (2000).Captación de agua de las Nieblas Costeras (Camanchaca), Chile". en Manual de Captación y aprovechamiento del agua de lluvia.FAO p.p.131

Captación: La captación de la neblina se logra mediante el uso del atrapanieblas ubicado perpendicular a los vientos dominantes sobre una ladera que está a una altura de 700msnm a 1000 msnm, para que al pasar la niebla choque contra las redes y quede atrapada, y al irse acumulando caiga por su propio peso. Cada malla puede llegar a atrapar de 4 a 15 litros de agua diarios, dependiendo de la densidad de la niebla.



Figura 116. Atrapanieblas en Alto Patache, Chile.

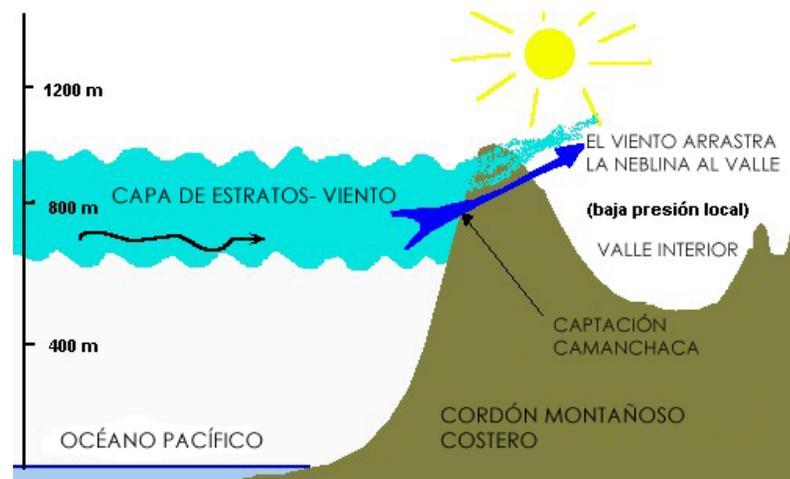


Figura 117. Esquema de la ubicación de Atrapanieblas.

Conducción: Después de ser captada las gotas de agua caen por gravedad a unas canaletas plásticas y/o tuberías según sea el caso y éstas llevan el agua a su destino final que es el almacenamiento.

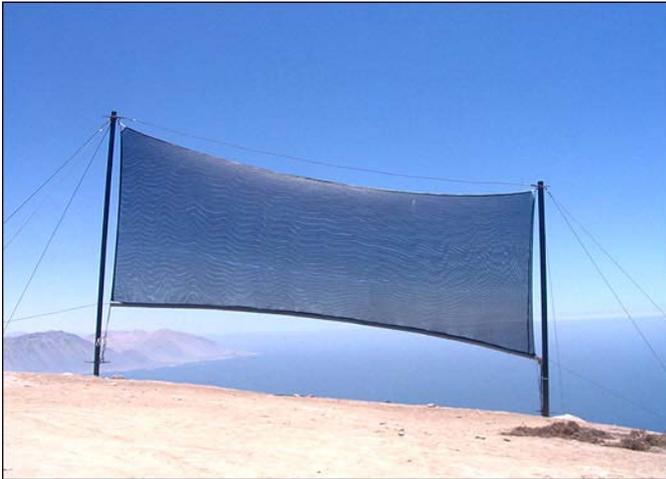


Figura 118.Vista Frontal de una Camanchaca.



Figura 119.Canaletas de conducción de agua pluvial.

Almacenamiento: El agua captada es almacenada en tanques y piletas que juntas pueden almacenar hasta 95 mil litros de agua. En un buen día de niebla, se pueden llegar a juntar 568 litros de agua⁷⁹.



Figura 117. El agua pluvial de la camanchaca se almacena en un tanque de PVC para su posterior uso.

Actualmente, el sistema de atrapar niebla para la obtención de agua ha ido mejorando y creciendo con el pasar del tiempo, se han instalado más sistemas en pueblos alrededor de Lima y se han mejorado los diseños para poder atrapar la niebla, aportando hasta 2200 litros de agua en un solo día.

La aplicación de esta tecnología es un proyecto loable que puede utilizarse en otras regiones secas en el mundo que posean *nieblas costeras densas*, como Ecuador-Quito, el desierto costero de la península arábiga y la franja costera de Barcelona España, ya que el agua sólo se puede atrapar en este tipo de nieblas.

⁷⁹ <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.html>

CONCLUSIÓN.

Los habitantes del Mundo antiguo, desde las primeras ciudades hasta los primeros Romanos y en Latinoamérica hasta la época Virreinal, eran conscientes de su entorno y aprovechaban al máximo los recursos naturales. Las ciudades indígenas se trazaron de acuerdo a la topografía, escurrimientos y cuerpos de agua con el fin de mantener un equilibrio. El agua pluvial era vista como un medio, no como un inconveniente, no he hallado en ninguno de los libros que fueron utilizados para esta investigación pruebas de que Tenochtitlán fuese una ciudad sucia, que los españoles hayan encontrado desperdicios en el agua, un drenaje de aguas negras, problemas de salud por falta de limpieza e higiene, ni contaminación. De hecho en las cartas de relación de Hernán Cortés y la Historia verdadera de la conquista de Bernal Díaz del Castillo se habla de una ciudad impresionante y limpia en la cual se destinaban cerca de 1000 personas diarias para la limpieza de los lagos y canales de la ciudad, una metrópoli en la que todo era un recurso, inclusive los desechos humanos y de animales, los cuales se usaban como abono para los campos de cultivo y chinampas⁸⁰.

Fue durante la expansión Romana y la creación de los primeros canales de drenaje cuando el agua de lluvia se mezcló con el agua residual y el agua potable, vertiendo esta mezcla en el agua limpia, el agua de Río; fue aquí donde inicia el mal empleo del agua a nivel mundial. Un vicio que en nuestros días persiste y provoca desgracias a distintas escalas, tanto a nivel personal como a nivel global.

⁸⁰ DÍAZ del Castillo Bernal. *La Historia verdadera de la conquista de la nueva España* p.p. 60 a 74

Dra en Antropología Social. Janet Long Towell –investigadora de tiempo completo. Profesora del Seminario Teoría e Historia. La Vida Cotidiana en la Época Prehispánica en la Facultad de Arquitectura, Unidad Académica de Arquitectura de Paisaje.

ESCALANTE GONZALBO, Pablo et al. (2004). *Historia de la vida cotidiana en México*. Editorial Fondo de Cultura Económica. P.p.208

En los Estados Unidos de Norteamérica, Australia, Francia, Japón, África y China se han preocupado mucho por recolectar el agua de lluvia desde los inmuebles. Los estados que más conciencia han creado son Portland y Minneapolis en los cuales han planificado su ciudad de manera tal en la que el agua pluvial se utilice al máximo.

Las casas en estos estados manejan el agua de lluvia guiándose por la llamada “cadena de agua pluvial”, la cual son una serie de pasos que se siguen dependiendo del manejo de agua pluvial que se requiera, creados a partir de la observación de la naturaleza, concibiendo espacios funcionales, sustentables y económicos. Primeramente se capta el agua del techo, muchas casas poseen azoteas verdes para limpiar y disminuir la corriente de agua pluvial, posteriormente el agua es llevada a nivel de suelo mediante bajadas de agua pluvial que pueden ser de distintos materiales y formas, ya a nivel de suelo se puede manejar el agua de tres maneras, la primera es depositarla directamente en elemento de almacenamiento, la segunda es infiltrar el agua al subsuelo mediante el uso de pavimentos permeables, surcos, tiras filtrantes, fosas infiltrantes granulométricos, la tercera es conducir el agua de lluvia hacia otro cuerpo de agua o jardín de agua de lluvia mediante el uso de badenes, canales o tuberías.

Los arquitectos paisajistas y diseñadores del paisaje se ocupan de diseñar todo este proceso, mediante el diseño se puede limpiar el agua de impurezas mediante el uso de vegetación, disminuir la corriente de agua utilizando texturas, crear canales amplios y con diferentes pavimentos para diferentes usos, en fin siguiendo los criterios de diseño para cada una de las técnicas y la imaginación se puede recrear el paisaje urbano-arquitectónico y aprovechar al máximo el agua pluvial.

En el país de México se han realizado algunos programas para que la comunidad aprenda a manejar el agua pluvial, algunos estados como Hidalgo, Oaxaca y Chiapas han participado en ellos con el fin de aprender a manejar el agua pluvial y también se han creado iniciativas sociales como el Centro Internacional de Demostración y Captación

en Aprovechamiento del Agua de Lluvia (CIDECALLI), el Instituto Internacional de Recursos Renovables México (IRRI-México) y el Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDAC) que se dedican solamente a la captación de agua pluvial desde techumbres y almacenamiento de agua pluvial en grandes cisternas o tanques; sin embargo aún falta explotar el sector urbano en cuanto a manejo de agua pluvial en la ciudad ya que pese a que el hombre ha intentado librar las ciudades de las inundaciones, mediante presas, pozos, vasos reguladores, aljibes, canales y desagües, no se ha percatado de que la única forma de librar la ciudad del exceso de agua es entendiendo el medio circundante, introduciendo el medio natural a la ciudad, observando como lo hacían los antiguos; ya que aunque los sistemas hidráulicos fueron creados a semejanza de los cuerpos de agua y demás recursos naturales, el sistema no está completo, existen obstáculos que no le conceden encajar: como extensas zonas pavimentadas que no permiten la infiltración, erosión extrema de suelos, pérdida de el agua pluvial y el agua potable en los drenajes de agua negra, basura, contaminantes, entre otros. Por este motivo, para hallar una solución a la cuestión del agua, se debe regresar a lo pasado, aunque las técnicas empleadas por los antiguos pobladores para el manejo de agua pluvial son rudimentarias, son técnicas que se crearon en base a la observación de la naturaleza, fueron estudiadas y perfeccionadas con el pasar de los años; son económicas, sustentables, lógicas y funcionales, por esta razón éstas junto con las técnicas de permacultura y cadena de agua. deberían y podrían seguir siendo empleadas en distintas escalas a nivel contemporáneo como se han expuesto en esta tesis. Aplicándolas según la necesidad y adaptándolas a la época actual.

GLOSARIO.

ABREVADERO: Depósito de agua en donde acude el ganado a saciar su sed.

ACEQUIA: Del árabe *assaquiya*- regar. Canal por el que se conduce el agua para regar o para otros fines.

AGUA NEGRA: Líquido que poseen materia orgánica, fecal y orina.

AGUA PLUVIAL: Agua que precipita de la atmósfera la cual cae de las nubes en forma de gotas, granizo y nieve.

AGUA POTABLE: Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

AGUADA: Se denomina aguada a los lugares donde el animal se abreva, existen aguadas naturales (manantiales, pantanos, ríos, lagos, arroyos) y aguadas artificiales (pozos, zanjas, embalses).

ALABASTRO: Variedad translúcida y granular de yeso puro, generalmente blanco, empleada para labores y objetos ornamentales.

ALCANTARILLADO: Sistema de estructuras y tuberías que se usan para transportar aguas residuales.

ALJIBE: Del árabe *alchibe*- depósito. Depósito subterráneo de agua de lluvia.

ANDENES: También llamadas terrazas. Trozo de terreno apto para cultivo, dispuesto en forma de escalones en la ladera de un monte, evita la erosión causada por las escorrentías de agua pluvial y favorece la infiltración.

BADÉN: Zanja o depresión que forma en el terreno el paso de las aguas llovedizas. Cauce enlosado o empedrado que se hace en un camino o carretera para dar paso a un corto caudal de agua.

BAJADA DE AGUA PLUVIAL: Tuberías o tubos por los cuales desciende el agua de lluvia.

BORDE: Extremo u orilla de alguna cosa.

BORDO: Pequeño dique de mampostería o tierra que se utiliza para conducir el agua. Obra que conduce y regula el agua de los escurrimientos para depositarla en los drenes y desalojarla.

CANAL: Cauce o vía artificial para conducir el agua.

CHAMPA: Tierra, cepellón, raigambre (que hace firme o estable algo, une)

CHULTÚN: Cisterna labrada en roca para contener agua de lluvia.

CISTERNA: Receptáculo para contener agua.

COLECTOR PLUVIAL: Obra que capta el agua de una zona determinada y la conduce a los drenes para desalojarla.

CUNICULI: Canales abovedados subterráneos que conducen agua.

DESAGÜE: Canal o conducto por donde se le da salida al agua potable o al agua pluvial o al agua limpia en general.

DIQUE: Muro hecho para retener agua o para proteger algo de la fuerza o erosión del agua.

DRENAJE: Sistema que da salida a el agua. Por lo general lleva aguas negras, aunque en una ciudad puede existir un drenaje de agua pluvial el cuál sólo lleva agua de lluvia.

ERAS: Lugar en donde se trillan o separar las mieses también conocidos como cereales maduros.

ESTANQUE: Depósito artificial de agua y de poca profundidad construida con motivo ornamental.

GEOMEMBRANA: Lámina impermeable hecha de diferentes resinas plásticas que sirve para dar estructura y retener el suelo.

GEOTEXTIL: Producto fabricado a base de fibras sintéticas no biodegradables, enlazadas entre si por medio de procesos mecánicos y térmico. Se caracteriza por su estructura permeable, y su gran resistencia a la tensión, desgarré y deterioro químico.

HORADAR: Agujerar una cosa atravesándola de lado a lado.

JAGUEY: Zanja llena de agua, ya sea artificialmente o por la topografía del terreno, usualmente se llena de agua de lluvia o si esta cerca de un afloramiento rocoso, por agua subterránea.

LADERA: Declive de un monte.

LAGO: Gran masa de agua depositada en depresiones del terreno,

LAGUNA: Depósito natural de agua, generalmente y de menor dimensión que el lago.

MANANTIAL: Lugar en el cual brota el agua de manera natural, lugar en donde nacen las aguas.

OJO DE AGUA: manantial, pequeño cuerpo de agua que se forma naturalmente por las depresiones del terreno.

OPUS: Mortero, argamasa.

POZO: Hoyo profundo que se hace en la tierra para encontrar agua.

POZA: Charca o concavidad con agua detenida.

REJOLLADAS: Depresión circular menor a los 30 m que va de la periferia al centro resultado del hundimiento de la bóveda de un cenote.

RINGLERA: Fila o Hilera de cosas puestas una detrás de otra.

SASCAB: Rocas impermeable sin consolidar de color blanco y de consistencia frágil

TALÚD: Inclinación de un terreno o de un muro.

TERRACEADO: Conjunto de terrazas.

TERRAZA: Trozo de terreno apto para cultivo, dispuesto en forma de escalones en la ladera de un monte.

TERRAZA DE RELLENO: Es aquella terraza rellena naturalmente, usualmente las terrazas prehispánicas pertenecen a este género.

TERRAZA DE CORTE: Son aquellas terrazas que son rellenas por el hombre utilizando la misma tierra de la ladera.

TROJE: Granero en el que se guardan granos, frutos y cereales.

VASO REGULADOR: Sistema colector de aguas pluviales que se encarga de encauzarlas y conducir las para prevenir la inundación de ciertas zonas.

ZANJA: Surco que se abre en la tierra por la corriente de un arroyo o artificialmente.

ZOOMORFO: Que tiene forma o apariencia de animal.

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Imagen de los jardines colgantes de babilonia. p.p.1 <http://timerime.com/en/event/18006/Hanging+Gardens+of+Babylon/>.

Figura 2. Plano esquemático del Agora, Grecia p.p.2 CONOLLY, Peter, DODGE, Hazel (1998). *The Ancient City*. Oxford University Press, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.16.

Figura 3. Canal de drenaje principal al sur-oeste del Ágora, Grecia p.p.3 CONOLLY, Peter, DODGE, Hazel (1998). *The Ancient City*. Oxford University Press, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.16.

Figura 4. Calendario de Fechas Romanas. p.p.4 <http://www.imperioromano.com/128/cronologia-general.html>.

Figura 5. Partes de un sistema de agua pluvial en una casa Romana p.p. 6 Murcia y el agua. *Historia de una Pasion*. La verdad Digital http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap4.htm

Figura 6. Axonométrico de una casa Romana p.p. 6 <http://www.wimeuverman.nl/index.html>

Figura 7. Agujero de desagüe en una casa romana p.p. 6 ADKINS, Roy. *Handbook to life in Ancient Rome*, Oxford University press US Estados Unidos de Norteamérica p.p. 142.

Figura 8. Pintura de la Cisterna de Livorno p.p.7 http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cisternone_Livorno.jpg

Figura 9. Corte esquemático de las cisternas Romanas p.p.8 <http://www.culturaclasica.com/files/cisternas-romanas-molacillos.jpg>.

Figura 10. Yerebatan Sarayi, ejemplo de Cisternas de cámaras con pilares. P.p. 9 www.laktoz.net/istanbul-yerebatan-sarayi.htm.

Figura 11. Cisterna de la Salle, ejemplo de cisterna de cámaras abovedadas sin pilares p.p. 10. <http://www.romasotterranea.it/homepage.html>

Figura 12. Cisterna de Albano, ejemplo de Cisterna de cámaras paralelas.p.p.10 <http://www.sotterraneidiroma.it/index.php?v=ipo&ipogo=13>

Figura 13. Vista del sistema de aguas debajo de las calles12, CONOLLY, Peter, DODGE, Hazel (1998). *The Ancient City*. Oxford University Press, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.132.

Figura 14. Corte de Acueducto Aqua Claudia y Aqua Anio Novus.13, CONOLLY, Peter, DODGE, Hazel (1998). *The Ancient City*. Oxford University Press, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.131.

Figura 15. Reconstrucción de un baño romano enjuagado con agua limpia p.p. 13, CONOLLY, Peter, DODGE, Hazel (1998). *The Ancient City*. Oxford University Press, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.149

Figura 16. Imágenes de la Cloaca Máxima romana p.p 13 Pinrura de Ettore Roesler "El Tiber y la cloaca Máxima", CONOLLY, Peter p.p.132, Roma Souterrain <http://www.sotterraneidiroma.it>

Figura 17. Sección de un Chultún p.p.17, ZAPATA, Renée (1985), *Los Chultunes de la región serrana de Yucatán*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana" No.5 Arquitectura Maya 2. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura. P.p.17-33.

Figura 18. Chultún en Chacmultun p.p.18, ZAPATA, Renée (1989). *Los chultunes*, México, INAH p.p. 48.

Figura 19. Chultún en Chichen Itzá.p.p.19, ZAPATA, Renée (1989). *Los chultunes*, México, INAH p.p. 43.

Figura 20. Chultún en Chichen Itzá p.p.20, ZAPATA, Renée (1989). *Los chultunes*, México, INAH p.p. 41.

Figura 21. Chultún en el primer piso del Palacio de Labná.p.p.21, ZAPATA, Renée (1989). *Los chultunes*, México, INAH p.p. 70

Figura 22. Monte Albán (1980). Vestigios de control del agua en la montaña p.p.22, SANSORES Francisco Javier (1992). *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana*, No.13. El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias. p.p.19

Figura 23. Ejemplo de un pozo de infiltración en Monte Albán.p.p.23, SANSORES, Francisco Javier. (1992). *El control del agua en Monte Albán*, Nuevas Evidencias. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13. p.p.24

Figura 24. Planta de Teotihuacan p.p.24. INAH (2008). *La Arqueología de Teotihuacan*. Arqueología Mexicana. No.28

Figura 25. Detalle constructivo de un techo en Teotihuacán p.p.25, MORELOS GARCÍA, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacan*. Colección científica INAH, DETALLE No. 5 S/N

Figura 26. Ecurrimientos y bajadas de agua pluvial en el Conjunto Plaza Oeste en Teotihuacan. p.p.26, MORELOS GARCÍA, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacan*. Colección científica INAH, México PLANTA GENERAL 8, S/N.

Figura 27. Bajadas de Agua pluvial en Tetitla, Teotihuacan p.p.27, SEJOURNÉ, Laurette (2002). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacan*. Siglo XXI editores. Sa de CV p.p. 85.

Figura 28. Canales Subterráneos en el conjunto de Tetitla. P.p.28, SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*. Fondo de Cultura Económica. México p.p. 10.

Figura 29. Canal de desagüe principal en la Calzada de los Muertos p.p.29, NAVA Rivera, Felipe de Jesús (2008). *Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacán* Tesis ENAH p.p. 119.

Figura 30. Canales de desagüe en la Calzada de los Muertos. p.p.30, NAVA Rivera, Felipe de Jesús (2008). *Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacán*. Tesis ENAH p.p. 110.

Figura 31. Patio de una casa p.p.31, SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacán*. Siglo XXI editores. Sa de CV p.p. 128

Figura 32. Patio dentro del conjunto de Tetitla p.p.31, SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacan*. Siglo XXI editores. Sa de CV p.p. 128

- Figura 33. Depósito de agua pluvial y red de desagüe en Tetitla p.p.32, SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacan*. Siglo XXI editores. Sa de CV, México p.p. 77 .
- Figura 34. Registro en losa en conjunto Plaza Oeste.p.p. 33, MORELOS GARCÍA,Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacán*. Colección científica INAH, México. Detalle No. 4 S/N.
- Figura 35. Registro de Mortero de roca basáltica p.p.33, MORELOS GARCÍA,Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacán*. Colección científica INAH, México. Detalle No.4 S/N.
- Figura 36. Plano Topográfico de Chacaltzingo p.p.34, ANGULO VILLASEÑOR, JORGE (1990). *EL AXAYOTL: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo. Agricultura Indígena: Pasado y Presente*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chata México p.p. 89
- Figura 37. Terrazas y sistemas de desagüe en Chacaltzingo. p.p.36, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. *Arqueología 2* . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 42
- Figura 38. Cueva No.4 p.p.37, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. *Arqueología 2* . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. p.p. 76 Figura 4.
- Figura 39. Ojito de agua sobre terraza p.p.38, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. *Arqueología 2* . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p. 77 Figura 5.
- Figura 40. Posibles Terrazas del Sistema Drenaje-Aljibe p.p.39, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. *Arqueología 2* . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. p.p. 82 Figura 9.
- Figura 41. Planta del Sistema drenaje-aljibe o Axayotl del Rey. p.p. 40, ANGULO VILLASEÑOR, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo*. *Arqueología 2* . Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. P.p.
- Figura 42. Partes de un andén. p.p.44. BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia. TECNIDES. p.p. 210.
- Figura 43. Ejemplo de andén con Surcos diagonales p.p.45 BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia. TECNIDES. p.p. 209.
- Figura 44. Corte de un andén p.p.46. BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia. TECNIDES. p.p. 208.
- Figura 45. Ejemplo de andén con Surcos transversales p.p.46. BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú*. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de lluvia. TECNIDES. p.p. 208.

Figura 46. Vista aérea y perspectiva de Jagüey "La Tasa". p.p.49. FRANCO, Victor et al. (2008). *Estudio Hidrológico para la Tasa*, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. p.p.3. Diagrama general de funcionamiento-Chantal Carius Estrada.

Figura 47. Diagrama general de funcionamiento de Jagüey "La Tasa". p.p.49. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 48. Vista panorámica del Jagüey, la toma de agua se encuentra en el lado posterior al que fue tomado esta fotografía. P.p.50. FRANCO, Victor et al. (2008). *Estudio Hidrológico para la Tasa*, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. p.p.3.

Figura 49. Canales Principales, nótese cómo el canal esta adecuado para recibir naturalmente los escurrimientos de agua pluvial. P.p.51. FRANCO, Victor et al. (2008). *Estudio Hidrológico para la Tasa*, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. p.p.3.

Figura 50. Vistas del Jagüey p.p. 52 Fotografía de Chantal Carius Estrada.

Figura 51. Compuerta, Toma de agua y canal. p.p.53. FRANCO, Victor et al. (2008). *Estudio Hidrológico para la Tasa*, Informe Final. Instituto de Ingeniería UNAM. p.p. 7.

Figura 52. Planta y Perspectiva del Patio de los Aljibes. p.p.55. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 53. Vista frontal de los aljibes. p.p. 56. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 54. Foto actual de los aljibes. p.p.56. CARIUS ESTRADA, Chantal

Figura 55. Vista lateral del aljibe p.p. 56. CARIUS ESTRADA, Chantal

Figura 56. Canales de conducción de agua pluvial en azotea y muros. p.p.56. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 57. Pileta de agua p.p.56. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 58. Imagen de un curvato en Chetumal, y movimiento el agua dentro de el curvato es decir la fuerza centrifuga. p.p. 58 CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 59. Planta de Hacienda Notario en Huamantla, Tlaxcala p.p. 60.

Figura 60. Aljibe de piedra en Hacienda Paula, Edo de México. p.p.61 MONTERRUBIO, Anotonio Lorenzo. *Las haciendas pulqueras de México*.colección

Posgrado. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. MÉXICO.p.p. 153

Figura 61. Jagüey en San José Titicuentla, Zempoala, Hidalgo. p.p. 61 BANAMEX (1994). *Haciendas de México*. Fondo Cultural Banamex. México-p.p.226

Figura 62. Vista actual de la presa de la Olla, Guanajuato, Gto p.p.62 CARIUS ESTRADA Chantal.

Figura 63. Vista actual de la exhacienda de Caxcantla, Querétaro.p.p. 63. <http://www.oem.com.mx/esto/notas/n192904.htm>.

Figura 64. Efecto del asentamiento del subsuelo en el sistema de drenaje. p.p. 66. Guerrero, G., A. Moreno y H. Garduño, *El sistema hidráulico del Distrito Federal*, Departamento del Distrito Federal, DGCOH, México, 1982.

Figura 65. Corte esquemático de Vaso Regulador El Cristo en Naucalpan. p.p. 67. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 66. Vista aérea del Vaso Regulador el Cristo en Naucalpan. p.p.68. Google Earth.

Figura 67. Esquema básico del manejo de agua pluvial. p.p.70 CARIUS ESTRADA, Chantal

Figura 68. Ciclo del agua original. p.p.71 CARIUS ESTRADA, Chantal

Figura 69. Ciclo del agua en un centro de Ciudad. p.p.71 DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 34

Figura 70. Esquema de tipos de Techos. P.p.73 CARIUS ESTRADA, Chantal tomado de GALLARDO MONTECINOS, Vicente (2002). *Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia*. Documentos de trabajo No. 5

Figura 71. Detalle general de un pavimento impermeable artificial. p.p.74 CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 72. Atrapanieblas o Camanchaca en Chile. p.p. 74

http://www.bbc.co.uk/mundo/participe/2009/04/090422_1224_participe_atrapanieblas_am.shtml

Figura 73. Corte de canales p.p.75 CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 74. Tipos de canalones. p.p.76 CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 75. Ejemplo de un badén en el Jardín Botánico Welsh, Carmathen p.p. 77. CARIUS ESTRADA, Chantal, foto tomada de: DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy (2007). *Rain Garden: Managing wáter sustainably in the garden and designed landscape*. Editorial Timbe Press, Oregon Portland p.p. 89.

Figura 76. Ejemplos de distribuidores de agua pluvial. p.p.77 CARIUS ESTRADA, Chantal. tomados de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 87, 93, 96.

Figura 77. Ejemplos de distribuidores de conducción vertical abierta p.p. 78. CARIUS ESTRADA, Chantal. Tomados de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérico. p.p. 86.

Figura 78. Ejemplos de distribuidores de conducción vertical cerrada p.p. 79 CARIUS ESTRADA, Chantal. Tomados de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérico. p.p. 86.

Figura 79. Sección de una fosa de infiltración granulométrica. p.p. 80. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 80. Sección de una casa con pozo seco p.p.81. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 81. Ejemplo de Tiras infiltrantes. p.p. 82. CARIUS ESTRADA, Chantal. tomado de HINMAN, Curtis. (2007). *Rain Garden Harvesting Handbook for Western Washington Homeowners*. Washington State University. Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 4.

Figura 82. Corte de un Macetón sobre suelo impermeable p.p. 83. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 83. Macetón de infiltración sobre banqueteta. p.p. 84. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 84. Macetón de infiltración sobre banqueteta y la calle. p.p. 84. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 85. Detalle de un macetón de infiltración. p.p.85. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 86. Imagen de un suelo permeable. p.p.85. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 87. Sección general de un pavimento permeable p.p. 86. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 88. Detalle general de un jardín de agua p.p.87 CARIUS ESTRADA, Chantal tomado de HINMAN, Curtis. (2007). *Rain Garden Harvesting Handbook for Western Washington Homeowners*. Washington State University. Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 4.

Figura 89. Jardín de agua de lluvia p.p.87. <http://www.sws-sssd.org/conservation/conservation-reuse-practices.html>

Figura 90. Ejemplo de Surcos infiltrantes. p.p. 88 CARIUS ESTRADA, Chantal. Tomados de HEMENWAY, Toby. (2001). *Gaia's Garden. A guide to home scale permaculture*. Chelsea Green Publishing Company, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 85.

Figura 91. Detalle de Surco Infiltrante. p.p. 88. CARIUS ESTRADA, Chantal. Tomados de HEMENWAY, Toby. (2001). *Gaia's Garden. A guide to home scale permaculture*. Chelsea Green Publishing Company, Estados Unidos de Norteamérica.

Figura 92. Terracado. p.p.89 CARIUS ESTRADA, Chantal. Tomados de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 87, 93, 96

Figura 93. Ejemplo de e estanque de agua pluvial. p.p.90 CARIUS ESTRADA, Chantal modificado de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 123.

Figura 94. Jagüey de agua pluvial ubicado en carretera libre México-Veracruz, localidad de Calpulalpan Tlaxcala. p.p.92 CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 95. Ejemplo de barril de agua pluvial p.p. 93. <http://howtomakearainwaterbarrel.com/how-to-use-a-rainwater-barrel-as-a-rain-water-harvesting-system/>

Figura 96. Ejemplo de filtro granulométrico. p.p. 93. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 97. Ejemplo de tanque de agua pluvial p.p. 94.

Figura 96. Corte de un tanque de agua pluvial p.p. 94, <http://www.3ptechnik.com.au/index.php/Ing/au/tpl/127/installation.html>

Figura 99. Ejemplo de cisterna de agua pluvial p.p. 95, CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 100. Imágenes del estacionamiento del Edificio de Gobierno de Nashville antes de convertirse en la plaza cívica actual. p.p.112 http://www.civicdesigncenter.org/plan_of_nashville/history

Figura 101. Sección de la Plaza Cívica en la zona de la cisterna de agua pluvial. p.p.113 .Green Roof Infrastructure Monitor. Otoño 2007/ Volumen 9, No. 2, portada.

Figura 102. Corte que muestra los niveles del estacionamiento .p.p. 114 http://www.nashville.gov/gsa/ADA/project-spotlight/public_square_plaza.asp

Figura 103. Collage de imágenes mostrando el manejo de agua pluvial en la plaza. p.p.114 <http://www.metrojacksonville.com/article/2009-jul-urban-infill-a-courthouse-square-for-jacksonville>

Figura 104. Planta de las Galerías filtrantes. p.p.115. CARIUS ESTRADA, Chantal modificado de BLOSSIERS Pinedo, Javier et al. *Agricultura de laderas a través de andenes*, Perú. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. TECNIDES. p.p. 121.

Figura 105. Sección de las Galerías Filtrantes p.p. 116. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 106. Planta y Corte de un Estanque de Regulación p.p. 117. IZEMBART, Hélène; LE ROUDEC (2003). Bertrand, *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. editorial Gustavo Gil.

Figura 107. Planta de un Estanque de Bioretención con pozo de infiltración granulométrico.118. ALDRETE, David, SCHARF, Misty. (2005) *Case study: The design of a Bioratention area to treat highway runoff and control.*. Stormwater Program California Office of Water Programs California State University, Sacramento.

Figura 108. Corte y Planta de un Surco Infiltrante con Césped p.p. 119. CARIUS ESTRADA, Chantal.

Figura 109. Planta y Corte de un estacionamiento con surcos filtrantes. p.p. 120. CARIUS ESTRADA, Chantal

Figura 110. Macetones y Jardines de agua Pluvial que son parte de la ciclovía de Portland, Oregón. P.p.121. DOOLITTLE, Lisa, et. al. *Stormwater Solutions Handbook*. Environmental Services. City of Portland

Figura 111. Planta de Calle Siskiyou NE. P.P.122 <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=45386&a=78299>

Figura 112. Imagen y Corte de Calle Siskiyou NE P.P.122 <http://www.portlandonline.com/bes/index.cfm?c=45386&a=78299>

Figura 113. Técnicas de Desarrollos Habitacionales de Bajo Impacto. p.p. 124. Speir Tiffany. *LOW IMPACT DEVELOPMENT DESIGN AND ARCHITECTURAL GUIDELINES FOR THE NISQUALLY WATERSHED*. p.p.7

Figura 114. Diferentes formas de manejo del agua pluvial en un inmueble. p.p. 125. MARS, Ross (2005). *The basics of Permaculture design*. Chelsea Green Publishing Company.

Figura 115. Manejo de una casa con permacultura. p.p. 128. CARIUS ESTRADA, Chantal. de DUNNET Nigel, CLAYDEN Andy. (2007). *Rain Gardens: Managing water sustainably in the garden and designed landscape*. Timber Press, Estados Unidos de Norteamérica. p.p. 47

Figura 116. Atrapanieblas en Alto Patache, Chile. p.p.130. <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.html>

Figura 117. Esquema de la ubicación de el Atrapanieblas p.p.130

Figura 118. Vista frontal de un Atrapanieblas p.p.131. <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.html>

Figura 119. Canaletas de conducción de agua pluvial p.p.131 <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.html>

Figura 120. Tanque de PVC para su posterior uso. P.p.134 <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.html>

ANEXO 1. Criterios de diseño de un andén.

Pendiente Longitudinal de la terraza (S): Se define como la pendiente paralela a la curva de nivel de la ladera, dicho parámetro define la velocidad con la que el agua fluye, los valores fluctúan entre 0.1 y 0.3%.

Pendiente Transversal de la Terraza (S'): Es la ligera inclinación exterior que adquiere el relleno de la terraza el cual absorbe la precipitación normal de agua de lluvia y de riego permitiendo una mayor infiltración. Los valores fluctúan entre 0.0 y 0.1%.

Talud del muro de contención (Z). Es la inclinación que posee el muro hacia adentro de la terraza; los valores varían entre 0.05:1 y 0.15:1 %. El talúd proporciona estabilidad al muro.

Altura del muro (H): Las medidas de muro pueden estar alrededor de 0.5 y 3 metros dependiendo del material de construcción, la pendiente de la ladera, profundidad y textura de suelos así como la manera de construirlo, en promedio la mayoría de los muros miden 1.5 metros de altura.

El ancho mínimo para la base mayor del muro (B) esta comprendido entre 0.34 a 0.45 H, el ancho del muro en la parte superior (C) esta entre los 0.2 y 0.4 m; la profundidad mínima de cimentación (c) debe estar entre los 0.30 y 0.35 H y generalmente se utilizan piedras grandes para la construcción de la base.

Ancho de andén (A): la distancia entre los muros horizontales se da al dividir la altura del muro entre la razón inversa del ángulo de inclinación del terreno (θ).

$$A = H / \operatorname{tg} \theta$$

El ancho del andén está determinado por la suma de ancho del terraplén(a), el Ancho de la Corona de Muro (C) y la Proyección Horizontal del talud del Muro (Y); o bien puede estar determinado por la proyección Horizontal del talud (Y) que es igual a el talud del muro de contención (Z) por la Altura del muro.

$$A = a + C + Y$$

$$Y = Z \times H$$

Largo de la terraza. La longitud de la terraza está limitada por el afloramiento de rocas, presencia de cárcavas, cambios en la orientación de la ladera, cauces naturales entre otras las cuales intervienen en la configuración natural de la ladera. Por lo tanto el largo es variable y debe estar equilibrado con los muros y las pendientes de las laderas.

Dimensiones de la acequia de riego y Partidores: Las Acequías se trazan aprovechando la pendiente máxima, aprovechando los cauces naturales del terreno o protegiéndolas con piedras y sellándolas con champaa lo largo de los caminos y en los extremos de los muros de contención. Las acequías, aparte de riego, sirven como drenaje cuando el terreno ha superado su capacidad de campo. Son secciones rectangulares cuya altura va de 0.1 a 0.5 m con una plantilla de 0.2 a 0.4 m

El reparto del agua entre dos o más terrazas se logra por medio de partidores de agua contruidos en forma cuadrada con pozos e 0.6 x 0.6 x 0.15 m de piedras grandes selladas con champas. Las bocas de captación y de desagüe son dependientes del agua de lluvia o agua para regar.

Ancho y Pendiente de los Caminos: Los anchos varían de 1.0 a 2.0 m, están contruidos en piedra a manera de escalinatas sobre la pendiente máxima paralelas a las acequías de riego. Estos caminos sirven para desaguar la lluvia de los andenes y prevenir la erosión en las terrazas.

Riego del Andén: El agua de lluvia o de riego debe llenar cada surco con una lámina de agua de 0.03 a 0.1 m.

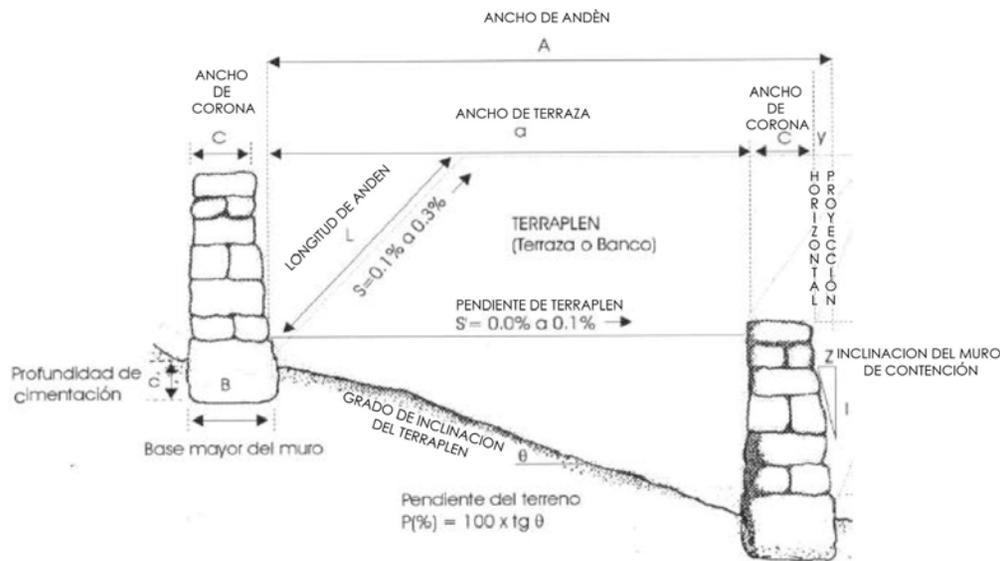


Figura 118. Criterios de diseño de un andén.

BIBLIOGRAFÍA

ADKINS, Roy A. (1998). *Handbook to life in ancient Rome*, editorial. Oxford University Press US. Estados Unidos de Norteamérica.

ALDRETE, David, SCHARF, Misty. (2005) *Case study: The design of a Bioratention area to treat highway runoff and control..* Stormwater Program California Office of Water Programs California State University, Sacramento.

AMADOR, Alberto (1991). *Aspectos Urbanos en Monte Albán y Arquitectónicos en Teotihuacán.* Jornadas de Arquitectura Prehispánica en Mesoamérica I segunda parte No. 13 Octubre 1991.

ANAYA, Manuel (2000). *Manual de captación y Aprovechamiento del agua de lluvia.* Oficina Regional de la FAO para América latina y el Caribe, Santiago, Chile p.p.118-160.

ANGULO VILLASEÑOR, Jorge(1990). *El Axayotl: Un sistema de drenaje-aljibe localizado en Chacaltzingo.* Agricultura indígena: pasado y presente. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chata México D.F. p.p.89-107.

ANGULO Villaseñor, Jorge (1988). *Siete sistemas de aprovechamiento hidráulico localizados en Chacaltzingo.* Arqueología 2. Dirección de Monumentos Prehispánicos /INAH. México. P.p. 37-83.

ANGULO, Villaseñor Jorge (1989). *Los relieves del grupo IA. Homenaje a Román Piña Chan.* UNAM, México.

BLOSSIERS PINEDO, Javier, et. al. *Agricultura de laderas a través de andenes, Perú. Manual de Captación y Aprovechamiento del agua de lluvia*.p.p.195-199

BROTO Charles (2003). *Diccionario Técnico Arquitectura y Construcción*. Editorial Océano, España p.p. 408

CASTAÑEDA GONZÁLEZ, Rocío (2005). *Las aguas de Atlixco: Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920*.

CONAGUA, CIESAS, AHA, COLMEX. México. p.p 82-87

CHILÓN CAMACHO, Eduardo (2009). *Tecnologías ancestrales y reducción de riesgo de cambio climático*. PROMARENA. P.p.13-22

CONOLLY, Peter., Dodge, Hazel (1998). *The Ancient City: Life in classical Athens and Rome*. Editorial Oxford Univeristy Press. Estados Unidos de Norteamérica. p.p.15 – 150.

DÍAZ del Castillo Bernal. *La historia verdadera de la conquista de la Nueva España* p.p. 60-74.

DUNNET, Nigel, CLAYDEN, Andy (2007). *Rain Garden: Managing wáter sustainably in the garden and designed landscape*. Editorial Timbe Press, Oregon Portland p.p. 53-90-100.

DOOLITTLE, Lisa, et. al. *Stormwater Solutions Handbook*. Environmental Services. City of Portland

ENCISO GUTIERREZ, Antonio (2005). *El Manejo del Agua de Riego en la Costa del Perú Precolombino*. CYTED, Perú, Lima

ESCALANTE Gonzalbo, Pablo. Et al (2004) *Historia de Vida Cotidiana en la Epoca Prehispánica*. Editorial Fondo de Cultura Económica. p.p. 208

FRANCE, Robert (2002). *Handbook of Water Sensitive Planning and Design*. Editorial Lewis Publisher U.S.A. p.p. 29-32-97

FRANCO, Victor et al. (2008). *Estudio Hidrológico para la Tasa, Informe Final*. Instituto de Ingeniería UNAM México. p.p. 1-10.

JARQUÍN, María Teresa (1990). *Origen y evolución de la hacienda en México: siglos XVI al XX*. Colegio Mexiquense, Universidad Iberoamericana, INAH. México. p.p. 233

HEMENWAY, Toby (2001). *Gala's Garden: A guide to Home scale permaculture*. Editorial Chelsea Green Publishing Company, Estados Unidos de Norteamérica p.p. 80-87

HINMAN Curtis (2007). *Rain Garden Handbook for Western Washington Homeowners*. Editorial Washington University State. p.p. 1-39

INAH (2008). *La Arqueología de Teotihuacan*. Revista Arqueología Mexicana. 2008. No.28; México p.p.14-36.

IZEMBART, Hélène; LE ROUDEC (2003). Bertrand, *Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales*. editorial Gustavo Gil.

LORENZO MONTERUBIO, Antonio (2007). *Las haciendas pulqueras de México* UNAM, Centro de investigaciones y Estudios de Posgrado, México p.p.91-160

MALISSARD, Alain (2002). *Les Romaines et l'eau*, editorial Les Belles Lettres. Estados Unidos de Norteamérica.

MANZANILLA, Linda (1990). *Indicadores Arqueológicos de obras Hidráulicas: Problemas de Interpretación. Agricultura Indígena: Pasado y Presente*. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Editado por La Casa Chat, México D.F.

MARGAIN, Carlos. (1951). *Funcionalismo arquitectónico en el México Prehispánico un ejemplo : Atetelco- Teotihuacán*. ENAH. México. D.F.

MARTÍNEZ GONZÁLEZ, Lorena (2008). *Árboles y areas verde urbanas de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana*. Fundación Xochitla, Estado de México, México, p.p.38.

MARS, Ross (2005). *The basics of Pemaculture design*. Chelsea Green Publishing Company. Estados Unidos de Norteamérica p.p. 60-95

MAYS, W, Larry (2001). *Stormwater Collection Systems design handbook*. McGrawHill, Nueva York. P.p. 1.1-1.39, 2.4-2.24.

MONZÓN FLORES, Martha (1982). *El desagüe principal de la calzada de los Muertos en Teotihuacán 80.82*. Primeros Resultados. INAH. Proyecto Arqueológico Teotihuacán, México.

MORELOS García, Noel (1993). *Proceso de Producción de Espacios y Estructuras en Teotihuacán. Conjunto Plaza Oeste y Complejo Calle de los Muertos* ed. Colección Científica 274 INAH, México D.F.p.p.20-84

MORENO GUTIÉRREZ, Emmanuel Ricardo (2001). *Los vasos reguladores y su influencia en el Diseño Urbano y Arquitectónico Caso de Estudio: el Área del Valle Bajo en El Paso, Texas, EE.UU*. Tesis para Maestría en Diseño Arquitectónico, Facultad de Arquitectura p.p. 3-20.

MUSSET, Alain. (1992). *El Agua en el Valle de México Siglos XVI-XVIII*. Editorial Pórtico de la Ciudad de México, Centro de estudios Mexicanos y Centroamericanos. México. p.p. 43-53.

NAVA RIVERA, Felipe de Jesús (2008) .*Control, distribución y manejo de agua en Teotihuacán*. Tesis ENAH p.p.115-130.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (2000). *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina*, OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, Chile, Santiago.

PALERM, Ángel (1990). *Sistemas de Regadío Prehispánico en Teotihuacán y en el Pedregal de San Ángel en México Prehispánico*. Ensayos sobre la evolución y ecología, CONACULTA. México.

PERLÓ Cohen, Manuel (1989). *Historia de las obras, planes y problemas hidráulicos en el Distrito Federal: 1880-1987*, Taller de Investigación UNAM, México D.F. p.p. 9-61-219.

PETRI S., Katko, Tapio S., Vuorinen, Heikki S. (2007). *Environmental history of water: global views on community water supply and sanitation*, editorial IWA Publishing, Estados Unidos de Norteamérica, p.p.1-55.

ROLDÁN, José Manuel. *Historia de Roma*, Universidad de Salamanca, España p.p. 65.

RENDÓN, Ricardo (1990). *Dos haciendas pulqueras en Tlaxcala 1857-1884*. ed. Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala, Universidad Iberoamericana departamento de historia.

SANSORES Francisco Jr. (1992).. *El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana, No.13 p.p.19-26.

SEJOURNÉ, Laurette (1966). *Arqueología de Teotihuacán, la cerámica*, Editorial siglo XXI. México. 70-75.

SEJOURNÉ, Laurette (2002). *Arquitectura y Pintura en Teotihuacán*, Editorial siglo XXI, México. 120-129.

SOTO, Guido (2000). *Captación de Agua de las Nieblas Costeras (Camanchaca), Chile*. En manual de Captación y aprovechamiento del agua de lluvia. FAO p.p. 131

VARGAS SANABRIA, Asdrúbal (2001) *El Manejo Histórico de los Recursos Hídricos en Costa Rica con énfasis en el Periodo Indígena y en los Siglos XVI, XVII, XVIII y XIX*. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 27(1): 59-81,

VITRUBIO, Marco(1997). *Los diez libros de la Arquitectura*. Editorial. Alianza , Madrid p.p 170-174, 206-216.

ZAPATA, Renée (1989) *Los chultunes*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia. p.p 20-70

ZAPATA, Renée (1985), *Los Chultunes de la región serrana de Yucatán*. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana No.5 *Arquitectura Maya 2*. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura. P.p.17-33.

INTERNET

<http://www.ometeca.org/HTML/conf2005/Castorena.htm>. RESPUESTA BOCLIMÁTICA DE LA ARQUITECTURA COLONIAL RELIGIOSA EN MEXICO. Gloria María Castorena; Anibal Figueroa. Universidad Autónoma Metropolitana, Fecha de consulta México 08/08/2009.

<http://www.orsep.gob.ar/que-es-una-presa.php>. Organismo regulador de seguridad de presas argentina, Fecha de consulta 22/12/2009.

http://centros5.pntic.mec.es/les.lucia.de.medrano/CGB/mat_constr.htm. Instituto de Tecnologías Educativas, Gobierno de España. 22/12/2009

www.yerevatan.com-. Yerebatan Sarayi. 24/12/2009.

http://archivohistoricodelagua.info/mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=33. Consultado en 2009.

<http://www.oei.org.co/sii/entrega5/art07.htm>

<http://news.nationalgeographic.com/news/2009/07/090709-fog-catchers-peru-water-missions.htm>

http://www.bbc.co.uk/worldservice/assets/images/2009/04/22/090422182000_sp_atrapanieblas_gal_11_526x.jpg

VILLANUEVA Efrain.Vox populi <http://www.noticaribe.com.mx/cgi-bin/mt45/mt-tb.cgi/22139>