

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



"Implementación de sistemas de captación de agua pluvial en edificios de la Facultad de Ingeniería"

TESIS

Para obtener el título de Ingeniero industrial

*Presentan:*

Manuel Báez Calderón

Juan Carlos Galindo Hernández

Ángel Islas Tlacuatl

*Directora de tesis*

Ing. Elizabeth Moreno Mavridis

Ciudad Universitaria, México, D.F. 2012



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.



<b>Tabla de contenido</b>		<b>Página</b>
Índice de Figuras		4
Índice de Tablas		6
1 Marco teórico		9
1.1 Antecedentes		9
1.2 Situación mundial del agua		10
1.2.1 Crecimiento de la población mundial		11
1.2.2 Cuerpos de agua en el mundo		14
1.2.3 Distribución de recursos hídricos en Europa		16
1.2.4 Consumo de agua por continente y sectores productivos		17
1.2.5 Precio del agua		18
1.2.6 Tendencias de precipitación		19
1.3 Agua en México		20
1.3.1 Población en México		23
1.3.2 Acuíferos en México		24
1.3.3 Escenarios de la demanda de agua en México		25
1.4 Situación de agua en el Distrito Federal		27
1.4.1 Población en el Distrito Federal		27
1.4.2 Cuerpos de agua en el Distrito Federal		29
1.4.3 El consumo de agua purificada		32
1.4.4 Normas de calidad: Condiciones físicas exigidas para el agua potable		33
1.5 Situación del agua en Coyoacán		36
1.5.1 Población en Coyoacán		37
1.5.2 Rasgos climatológicos de Coyoacán		38
1.6 Situación del agua en ciudad universitaria		39
1.6.1 Datos estadísticos de Ciudad Universitaria (Año 2011)		40
1.6.2 Captación en edificios		41
1.6.3 Construcciones sustentables desde el inicio		45
1.6.4 Proyectos pilotos: PNUMA y SEMARNAT		46
1.6.5 Programa de Manejo Uso y Reúso del Agua en la UNAM (PUMAGUA).		46
2 Fuentes de abastecimiento y de captación en Ciudad Universitaria		48
2.1 Sector Hidráulico 3		49
2.2 Características de los edificios de interés		50
2.3 Tipos de uso del agua en cada edificio		51
2.3.1 Análisis FODA		51
2.4 Geometría del área útil de captación		53
2.5 Material de la superficie		56
2.6 Elementos y características de un captador		57
2.6.1 Conducción del agua		57
2.6.2 Filtros		57
2.6.3 Bombas		59
2.6.4 Almacenamiento		60
2.6.5 Mantenimiento		62
3 Datos necesarios para el proceso de implementación		67
3.1 Proceso de captación		71
3.2 Estadísticas de precipitación pluvial en la Delegación Coyoacán		72
3.3 Definición del uso del agua captada		73
3.4 Diseño del sistema de conducción		75
4 Memoria de calculo		88
4.1 Memoria de cálculo para la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell		88
4.1.1 Precipitación en la zona		88
4.1.2 Coeficiente de escurrimiento		89
4.1.3 Determinación del área disponible para la captación		89
4.1.4 Determinación del abastecimiento de agua		90
4.1.5 Determinación de la dotación del agua		91

4.1.6	Determinación de la demanda de agua	92
4.1.7	Determinación del volumen del sistema de almacenamiento	93
4.1.8	Diseño del sistema de conducción del agua captada	94
4.2	Memoria de cálculo para los laboratorios y talleres de ingeniería mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez	98
4.2.1	Precipitación en la zona	98
4.2.2	Coefficiente de escurrimiento	98
4.2.3	Determinación del área disponible para la captación	98
4.2.4	Determinación del abastecimiento de agua	99
4.2.5	Determinación de la dotación del agua	100
4.2.6	Determinación de la demanda de agua	100
4.2.7	Determinación del volumen del sistema de almacenamiento	101
4.2.8	Diseño del sistema de conducción del agua	102
4.3	Memoria de cálculos para los edificios G-H (laboratorios de Ciencias Básicas)	103
4.3.1	Precipitación en la zona	103
4.3.2	Coefficiente de escurrimiento	103
4.3.3	Determinación del área disponible para la captación	103
4.3.4	Determinación del abastecimiento de agua	104
4.3.5	Determinación de la dotación de agua	105
4.3.6	Determinación de la demanda de agua	105
4.3.7	Determinación del volumen del sistema de almacenamiento	106
4.3.8	Diseño del sistema de conducción del agua	107
5	Costos del sistema de captación de agua pluvial	108
5.1	Costos de la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	113
5.1.1	Costos preparación área de captación	114
5.1.2	Costos del sistema de conducción	114
5.1.3	Costos del sistema de filtración	115
5.1.4	Costos del sistema de sedimentación	115
5.1.5	Costos del sistema de almacenamiento	116
5.1.6	Costos del sistema de bombeo	116
5.2	Costos del edificio O. laboratorios y talleres de ingeniería mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química	116
5.2.1	Costos del área de captación	118
5.2.2	Costos del sistema de conducción	118
5.2.3	Costos del sistema de filtración	119
5.2.4	Costos del sistema de sedimentación	119
5.2.5	Costos del sistema de almacenamiento	120
5.2.6	Costos del sistema de bombeo	120
5.3	Costos de los laboratorios de termodinámica	121
5.3.1	Costos del área de captación	122
5.3.2	Costos del sistema de conducción	122
5.3.3	Costos del sistema de filtración	123
5.3.4	Costos del sistema de sedimentación	123
5.3.5	Costos del sistema de almacenamiento	123
5.3.6	Costos del sistema de bombeo	124
5.4	Costo Geomembrana	124
5.5	Análisis de costos	127
	Conclusiones	129
	Glosario	131
	Anexos	134
	Bibliografía	149

## Índice de figuras

	Página	
1	Distribución del agua en el mundo	10
2	Gráfico de la población en países con escasez de agua y tensión hídrica	11
3	Vínculo entre la población y el agua dulce	12
4	Tendencia poblacional mundial	13
5	Disponibilidad de recursos hídricos en Europa	16
6	Consumo de agua por continentes y sectores productivos	17
7	Precio del agua	18
8	Tendencias anuales de precipitación: 1901-2000	19
9	Proyección geográfica de niveles de disponibilidad del agua	20
10	Uso del agua en México	20
11	Localización de acuíferos sobreexplotados	21
12	Precipitación media anual en México	22
13	Distribución de la población en México (Hab/km <sup>2</sup> )	23
14	Tendencia de crecimiento poblacional que experimentarán las zonas regionales de los acuíferos en México al año 2030	26
15	Tendencia del uso del agua	27
16	Crecimiento de la población en el Distrito Federal	28
17	Disminución de los cuerpos de agua en el Distrito Federal	30
18	Aumento de la población en el Distrito Federal	30
19	Ubicación de la Delegación Coyoacán	36
20	Comportamiento poblacional en la delegación Coyoacán	38
21	Climas de la Zona Metropolitana del Valle de México	38
22	Mapa de los sectores hidráulicos de Ciudad Universitaria	39
23	Superficie de captación de agua pluvial del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.	42
24	Proceso de captación de agua de lluvia del CIDECALLI	43
25	Cisterna de almacenamiento del sistema de captación del CIDECALLI	44
26	Proceso de purificación del CIDECALLI	45
27	Mapa del conjunto sur (División de Ciencias Básicas y Posgrado). Facultad de Ingeniería UNAM	47
28	Superficie de captación Biblioteca Enrique Rivero Borrell	53
29	Superficie de captación de los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez.	54
30	Superficie de captación de los laboratorios de Ciencias Básicas.	55
31-32	Tipo de impermeabilizante de la biblioteca Enrique Rivero Borrell	56
33	Ubicación de Cisternas	58
34	Clasificación de las aguas a evacuar	70
35	Distribución del sistema de captación pluvial	72
36	Rejillas en el área de captación de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	75
37	Rejillas en los Laboratorios y Talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez	76
38	Rejillas en los laboratorios de Ciencias Básicas	76
39	Sistema de Conducción de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	78
40	Sistema de conducción en los Laboratorios y Talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez	78
41	Sistema de conducción en los Laboratorios de Ciencias Básicas	78
42	Sedimentador de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	80
43	Sedimentador en los Laboratorios y Talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez	80
44	Sedimentador en los Laboratorios de Ciencias Básicas	80
45	Localización de la cisterna en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	82
46	Diseño de la cisterna de almacenamiento en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	82
47	Localización de la cisterna en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez	83

48	Cisterna en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez	83
49	Localización de la cisterna en los laboratorios de Ciencias Básicas	84
50	Cisterna en los laboratorios de Ciencias Básicas	84
51	Clasificación de las bombas	85
52	Mapa de isoyetas para $d= 30$ min y $Tr=5$ años	95
53	Factor de ajuste por periodo de retorno (en años)	95
54	Factor de ajuste por duración (minutos)	96

## Índice de tablas

	Página
1 Principales ríos del mundo	14
2 Principales lagos del mundo	15
3 Zonas metropolitanas con una población mayor a 1 millón de habitantes	23
4 Muestra regional de acuíferos	25
5 Poblaciones regionales del 2000 y 2030	26
6 Densidad de población delegacional	28
7 Abastecimiento de agua por delegación en el Distrito Federal	32
8 Población en el Distrito Federal y Coyoacán	37
9 Tipos y cantidad de tuberías utilizados en Ciudad Universitaria	48
10 Extracción de agua en los pozos durante 2006, 2007 y 2008	49
11 Mantenimiento preventivo en bombas centrífugas de eje horizontal	65
12 Causas de probables fallas y eliminación de las mismas en bombas centrífugas de eje horizontal	66
13 Precipitación pluvial Santa Úrsula Coapa	72
15 Comparación entre varias clases de bombas que se emplean en sistemas de abastecimiento de agua	86
16 Precipitación pluvial normal mensual en el Santa Úrsula, Coapa, Periodo 1971-1999 (milímetros).	88
17 Coeficiente de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación (CEA 2010).	89
18 Valores de abastecimiento mensual y acumulado de agua pluvial en al biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	90
19 Valores de demanda anual y demanda acumulada	92-93
20 Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año	93
21 Períodos de retorno según el tipo de obra a diseñar	94
22 Velocidades permisibles en tubería	97
23 Valores de abastecimiento mensual y acumulado de los Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez	99
24 Valores de demanda anual y demanda acumulada	101
25 Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año	101
26 Valores de abastecimiento mensual y acumulado de los laboratorios de Ciencias Básicas	104
27 Valores de demanda anual y demanda acumulada	106
28 Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año	106
29 Despliegue de los componentes necesarios para los sistemas de captación	112
30 Desglose de accesorios en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	113
31 Costos del sistema de conducción en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	114
32 Costos del sistema de filtración en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	115
33 Costo del sistema de sedimentación en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	115
34 Costos del sistema de almacenamiento en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	116
35 Costo del sistema de bombeo en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell	116
36 Desglose de accesorios en laboratorios de química y laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez	117
37 Costo del sistema de conducción en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química	118
38 Costos del sistema de filtración en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química	119
39 Costos del sistema de sedimentación en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química	119
40 Costos del sistema de almacenamiento en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química	120
41 Costo del sistema de bombeo en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química	120

42	Desglose de accesorios y costos en los laboratorios de termodinámica	121
43	Costos del sistema de conducción en los laboratorios de termodinámica	122
44	Costos del sistema de filtración en los laboratorios de termodinámica	123
45	Costo del sistema de sedimentación en los laboratorios de termodinámica	123
46	Costos del sistema de almacenamiento en los laboratorios de termodinámica	124
47	Costo del sistema de bombeo en los laboratorios de termodinámica	124
48	Especificaciones de la membrana “Alkorplan”	125
49	Costos de la geomembrana por sistema de captación	126
50	Comparación de costos	127
50.1	Comparación de costos por sistema	128
51	Comparación porcentual de costos	128

## Agradecimientos

### **A nuestra alma máter**

*Universidad Nacional Autónoma de México*

*Por brindarnos la oportunidad de pertenecer a esta casa de estudios  
en la que consolidamos nuestra identidad y espíritu universitario,  
misma que nos llena de orgullo y portaremos toda la vida.*

### **A la Facultad de Ingeniería**

*Por representar en nuestra vida una etapa llena de retos, desafíos y sacrificios, donde experimentamos  
en varias ocasiones el sentimiento de frustración ante objetivos no alcanzados, e innumerables  
momentos de satisfacción por cada uno de nuestros logros. Por brindarnos los medios para superar  
todos los obstáculos que se presentaron en nuestra íntegra formación personal y profesional como  
ingenieros.*

### **A la Ing. Elizabeth Moreno Mavridis**

*Por guiarnos durante el desarrollo de este trabajo; por su paciencia y apoyo que nos brindó para el  
logro de esta meta.*

### **A nuestros sinodales**

*Por brindarnos su tiempo y apoyo en aras de mejorar el presente trabajo.*

### **A nuestros padres:**

*Manuel : Ma. Rosa Calderón Calderón  
Manuel Báez Navarro.  
Paula Calderón Ruiz  
Juan Carlos: Ma. Alicia Hernández Galindo  
Guadalupe Galindo Martínez  
Ángel : Ma. Josefa Tlacuatl Tlacuatl  
Ángel Islas Pérez*

*Por su apoyo y paciencia incondicional, porque sin ellos no hubiese sido posible alcanzar este momento,  
para todos ellos nuestro agradecimiento más profundo.  
Este logro también es suyo.*

### **A las personas que influyeron positivamente en nuestro desarrollo universitario:**

*Rosy Galindo, Miguel Ángel Báez, y Alejandro Islas  
Andrés, Eduardo Báez, Eder, Alejandro, Violeta, Gustavo, Ricardo Laurencez, Josué, Carlos, Colín,  
Oziel, Jorge Alberto, Ricardo, Mario Campos, Mario Alberto, Yolanda.*

**A todos ustedes, gracias!**

# 1 Marco teórico

El presente trabajo de tesis es exclusivamente una propuesta de implementación de sistemas de captación pluvial en los edificios de la Facultad de Ingeniería. Representa una continuación de la tesis “Metodología para el diseño de un sistema de captación de agua pluvial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM”, de García García Carlos y Pérez Ávila Marco Antonio, para aplicarla en los edificios mencionados previamente, cuyas características son totalmente distintas al analizado en el primer proyecto.

## 1.1 Antecedentes

La captación de agua pluvial es una práctica que se remonta a antiguas civilizaciones como la de los romanos, mayas, habitantes del desierto del Negev en Israel, y muchos otros pueblos que han hecho uso de agua pluvial para satisfacer sus necesidades. Esto era común y casi constante en las civilizaciones humanas hasta el advenimiento de los avances hidráulicos, que permitieron transportar agua de un lugar a otro. Con la llegada de la electricidad y el desarrollo de sistemas de distribución interconectadas con sistemas de bombeo, la captación pluvial cayó prácticamente en el olvido, salvo casos poco frecuentes en comunidades rurales.

Sin embargo, la creciente demanda de agua, tanto en poblaciones urbanas como rurales, han provocado que los sistemas modernos convencionales resulten ser insuficientes para proveer del líquido a esos sectores de la población, además de tener profundos y severos impactos ecológicos.

El manejo sustentable de las diversas fuentes de agua constituye un reto global, que requiere de soluciones locales efectivas y que por ser un recurso finito es menester se le dé un manejo racional. En México, se ha dado gran atención a las fuentes de agua superficiales (ríos y lagos) y a las aguas subterráneas; sin embargo poca atención se le ha brindado a la utilización del agua de lluvia como fuente primaria de este vital recurso natural.

El agua de lluvia es considerada como una fuente primaria de este recurso y es aprovechada para el rejuvenecimiento de los ríos, para recarga de acuíferos y para uso no potable. Existen países como la República Popular de China, Japón, Australia, India, Tailandia, Brasil, Islas Vírgenes y Singapur, en la que se emplea para uso potable y en algunos de ellos existe una legislación para la captación en los techos. Lo anterior demuestra que es posible purificar el agua de lluvia y cubrir las normas de la Organización Mundial de la Salud; también se ha demostrado que resulta más económico purificar el agua de lluvia en comparación con aguas ricas en sales, metales y productos contaminantes.



En nuestro país se han desarrollado proyectos exitosos en la captación de aguas pluviales<sup>1</sup>, principalmente en la Ciudad de México y sus alrededores. En la mayoría de los casos, los proyectos son complementarios a las redes municipales de abasto y no pretenden sustituirlas por completo, su objetivo es aliviar la carga de los mismos, para reducir el impacto ecológico y social de transportar agua a grandes distancias de su punto de origen.

## 1.2 Situación mundial del agua

En la siguiente figura se puede observar la distribución del agua en el planeta; el océano es el origen de la mayor parte de las precipitaciones que ocurren en el mundo, pero es la lluvia de la tierra la que satisface casi todas las necesidades de agua dulce de las poblaciones, tal como se indica en la figura 1.

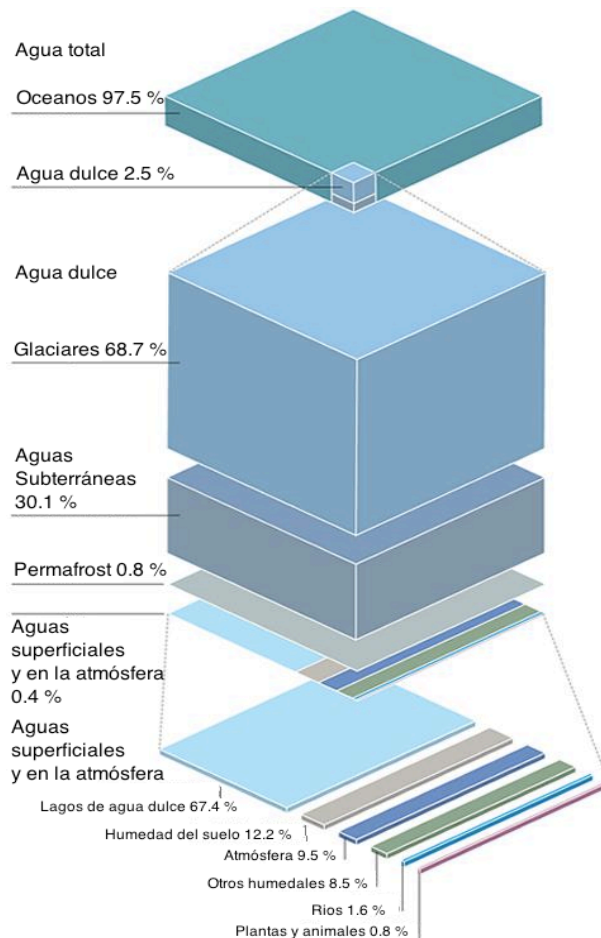


Figura 1. Distribución del agua en el mundo

Fuente: Ecología Verde - desarrollo sostenible para un mundo mejor<sup>2</sup>

\*Permafrost: Capa de hielo permanentemente congelado en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares

<sup>1</sup> Consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua de lluvia para cualquier uso.

<sup>2</sup> <http://www.ecologiaverde.com/distribucion-del-agua-en-el-mundo>

## 1.2.1 Crecimiento de la población mundial

A medida que aumenta la población, el número de países que afrontan situaciones de escasez de agua es mayor. Esto se presenta cuando la demanda excede al abastecimiento, en donde factores como el aumento de la densidad de población, la escasa cultura del ahorro del líquido en algunos países y prácticas que demandan cantidades excesivas de agua como la agricultura influyen considerablemente.

La problemática de la escasez del líquido ha aumentado gradualmente, en 1950 había menos de diez países que tenían este problema, en 1995, 31 países con una población conjunta de más de 458 millones de habitantes enfrentaron la insuficiencia de agua. Esto representa una adición de solo tres países desde 1990, cuando 28 países con una población de 335 millones que carecían de agua. Pero el número de habitantes que viven en países con estas condiciones, aumento casi 125 millones en cinco años. La proyección indica que para el 2050, 66 países que comprenden dos tercios de la población mundial se enfrentarán a este problema, tal y como se muestra en la figura 2. Las consecuencias repercutirán en el plano social, económico, político y geológico en cada uno de los países afectados (Gardner-Outlaw, T. y Engleman, 1997).

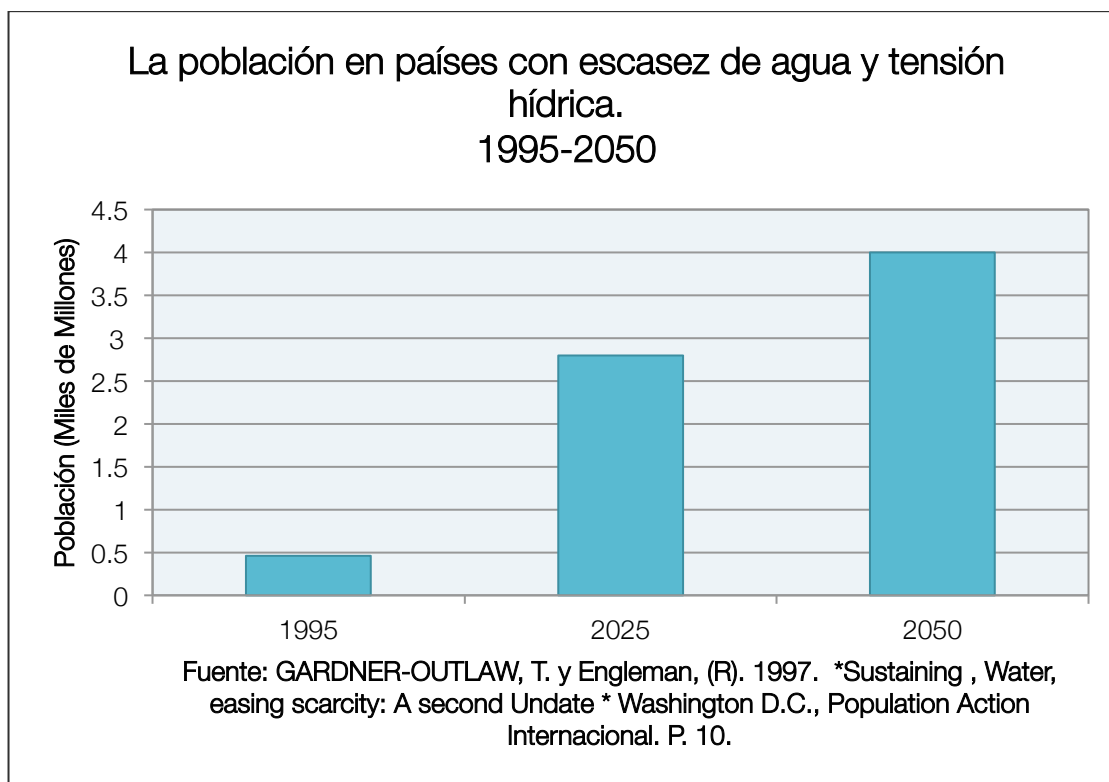


Figura 2. Gráfico de la población en países con escasez de agua y tensión hídrica.

Fuente: Problemática de agua en el mundo - Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Ver el siguiente enlace: <http://www.pnuma.org/reccat/esp/documentos/cap1.pdf>

Ante los distintos escenarios que prevalecen en varias naciones, es preocupante observar los costos del agua en diferentes partes del mundo, en Malasia un metro cúbico de agua cuesta \$ 20 USD, casi contrario ocurre en los Estados Unidos de América, donde el costo es de \$ 0.10-.015 USD, lo cual es un indicador que un país pobre paga hasta 200 veces más que un país rico para el consumo del líquido. El agua embotellada ha alcanzado valores por litro mayores a los de la leche y la gasolina, por lo que suele considerarse que la creciente escasez del agua traerá catástrofes de nivel internacional como son: guerras, hambrunas, miseria y migración (Anaya, 2010).

El consumo se ha triplicado desde mediados del siglo XX, los países ricos consumen un promedio 12 veces más agua que los países pobres.

En gran parte del mundo se hace un mal uso de enormes cantidades de agua, por ejemplo en actividades agrícolas y otras prácticas poco sustentables.

Existe una relación directa entre el incremento de la población y el aumento de la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, usos industriales y principalmente para usos domésticos, además, para la generación de energía eléctrica, recreación, turismo, entre otros. La disponibilidad de agua dulce impone límites al número de personas que puede habitar una zona e influye en el nivel de vida. Si los requerimientos son constantemente superiores a los suministros disponibles, en algún momento la sobre explotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos provocará la escasez crónica del agua. Ver figura 3.

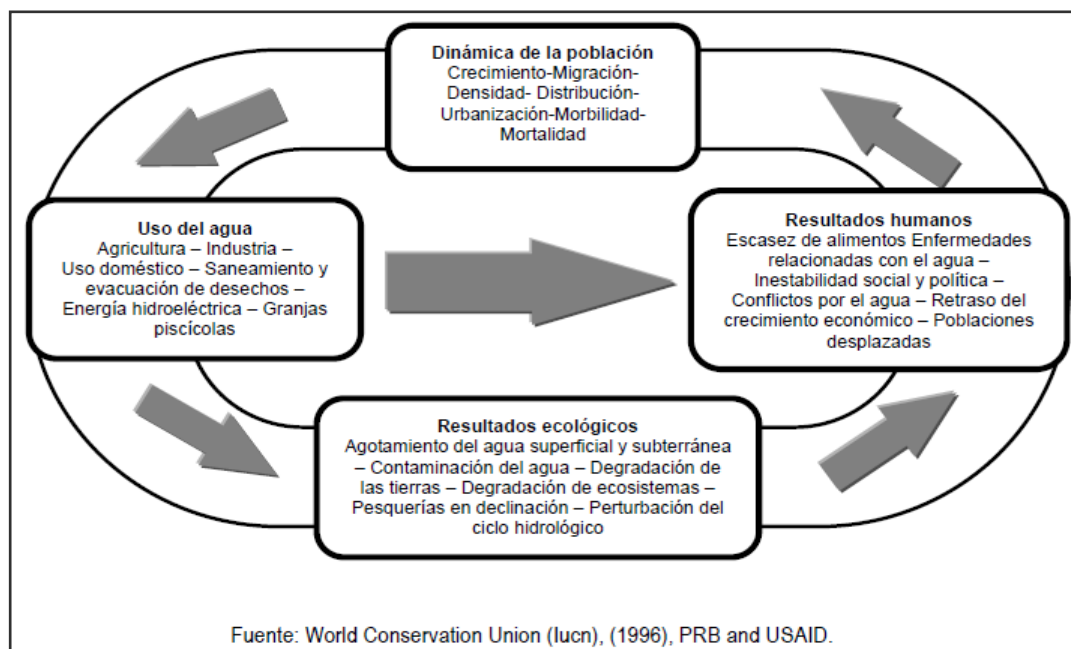


Figura 3. Vínculo entre la población y el agua dulce

Fuente: Problemática de agua en el mundo - Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano

<sup>4</sup> <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap1.pdf>

De acuerdo con datos de la ONU, entre 1960 y 1999 la población mundial se duplicó y en octubre de ese último año se rebasó la cifra de 6000 millones de habitantes.

A pesar de la reducción de la tasa de crecimiento del 2% al 1.3% entre 1969 y 1999, la población mundial aumenta en alrededor de 77 millones de personas al año y el 95% de ese crecimiento se produce en regiones en desarrollo, ver figura 4.

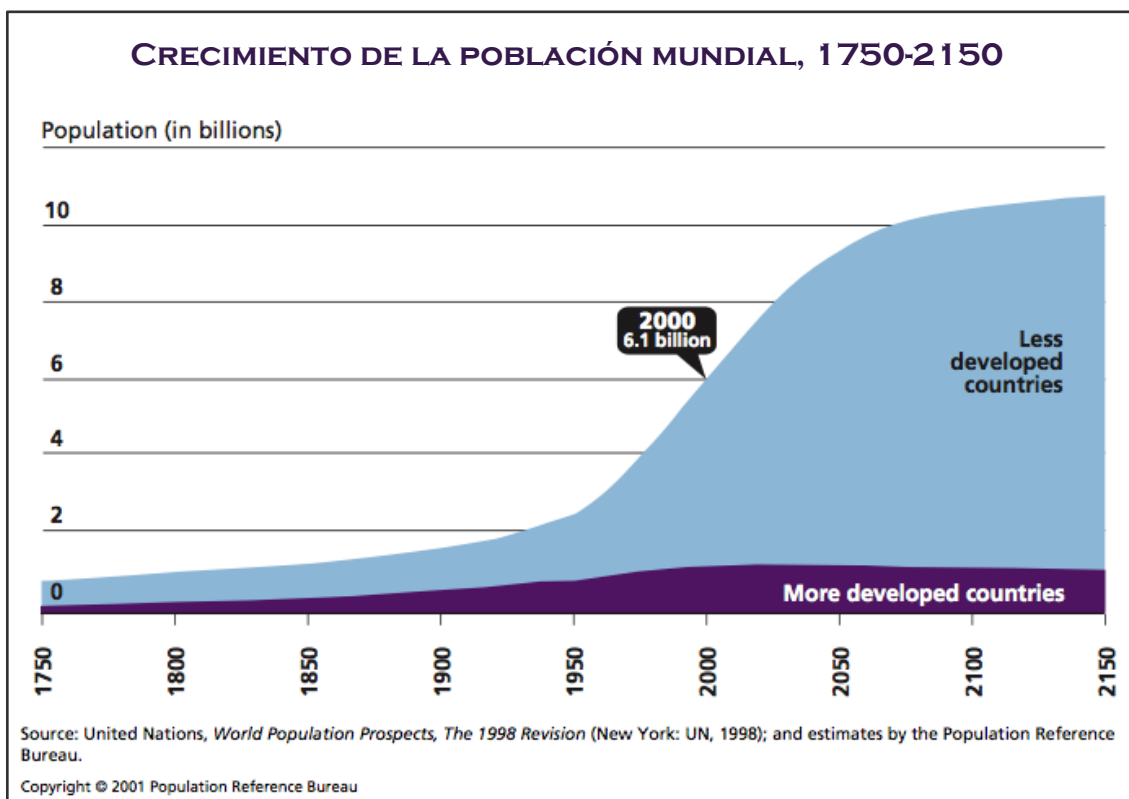


Figura 4. Tendencia poblacional mundial

Fuente: United Nations Population Prospects, The 1998 Revision (New York: UN 1998); and estimates by the Population Reference Bureau

La tendencia indica que para el año 2025, aproximadamente 48 países, más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Otros nueve países, inclusive China y Pakistán, estarán próximos a sufrir la falta de agua. Más allá del impacto del crecimiento mismo de la población, el consumo de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial y agrícola, por lo que la demanda creciente de la población se ha triplicado, de esa manera la extracción de agua se ha visto sobre explotada (Anaya, 2001).

Uno de los problemas en relación con la carencia de agua, es que su distribución en el planeta es muy desigual, ya que además de las condiciones climáticas de cada país, su distribución y abundancia dependen de la geología, la orografía, el tipo del suelo y la cubierta vegetal. Estos factores, son determinantes al grado que siete países en el mundo (Canadá, Noruega, Brasil, Venezuela, Suecia, Australia y Estados

<sup>5</sup> <http://www.prb.org/pdf/worldpopgrowth.pdf>

Unidos) concentran prácticamente el 90 % del agua, mientras que otros como Egipto y Sudáfrica requieren importar este recurso de otros países, que por su ubicación geográfica no se encuentran dotados con cuerpos de agua suficientes para satisfacer su demanda poblacional.

## 1.2.2 Cuerpos de agua en el mundo

Consideraremos como cuerpos de agua en el mundo a las aguas superficiales que por sus condiciones naturales son un componente esencial del ciclo del agua.

Los ríos son un claro ejemplo de aguas superficiales que en su gran mayoría desaguan en el mar o en un lago, aunque algunos desaparecen debido a que sus aguas se filtran en la tierra o se evaporan en la atmósfera. Se constituyen como una importante fuente de suministro de agua para usos agrícolas y domésticos.

En la tabla 1 "Principales ríos del mundo", se clasifican los de más longitud en el mundo. Destacan el Nilo (África), con una longitud de 6 680 kilómetros y el Amazonas (América del Sur) con 6,500 kilómetros de longitud.

Numero de Orden	Nombre	Región	Longitud Km	Caudal de la Desembocadura m <sup>3</sup> /s	Régimen del curso inferior
1	Nilo	África	6680 km con afluente del lago Victoria 5600 Km desde el lago	Máx:8600 m <sup>3</sup> /s Min: 866 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas de agosto a octubre
2	Amazona	América del Sur	6500 km 7025 + Ampuriac	Máx. : 150 000 m <sup>3</sup> /s Min: 63 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en junio
3	Missori-Missisipi	América del Norte	6 260 Km (Missouri:4370)	Máx.: 40 000 m <sup>3</sup> /s Min: 18 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en primavera
4	Yang Tse-angKi	China	5 500 Km	Máx. : 42 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas de junio a octubre
5	Hoang-Ho	China	5 200 Km	Máx. : 14 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en Julio y agosto
6	Congo	África	4 640 Km	Máx. : 80 000 m <sup>3</sup> /s	Máximo en Octubre
7	Amur	Extremo Oriente	4 350 Km (con el Chilka)		Aguas altas en verano
8	Liena	Siberia	4 270 Km	Media: 15 500 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en verano
9	Nieger	África	4 200 Km	Máx. : 30 000 m <sup>3</sup> /s	Curso alt: ag. alt-sep Curso bajo: aguas altas en marzo y abril
10	Mekong	Asia del Sudeste	4 180 Km	Máx. : 60 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en septiembre y octubre.
11	Mackenzi	América del Norte	4 100 Km		Aguas altas en verano
12	Obi	Siberia	4 000 Km	Máx. : 12 500 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en verano
13	Yenisei	Siberia	3 800 Km	Máx. : 10 000 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en verano
14	Volga	Europa Oriental	3 700 Km	Máx. : 51 800 m <sup>3</sup> /s	Aguas altas en abril y mayo

Tabla 1. Principales ríos del mundo  
Fuente: [http://www.bonatura.com/2.01.11.71\\_1r.html](http://www.bonatura.com/2.01.11.71_1r.html)

El agua dulce también se encuentra en forma de lago, cuyas cuencas suelen formarse debido a procesos geológicos como la deformación o la fractura de rocas estratificadas o fallas, y por la formación de una represa natural en un río debida a la vegetación, un deslizamiento de tierras, acumulación de hielo o la deposición de aluviones o lava volcánica.

En la tabla 2 "principales lagos del mundo", se enumeran los lagos más grandes de la tierra.

Nombre	Región	Superficie Km <sup>2</sup>	Origen
Superior	América del Norte	82 700	Glaciar
Victoria	África Oriental	68 100	Tectónico
Mar de Aral	Asia Central	67 000	Endorreico
Hurón	América del Norte	59 800	Glaciar
Michigan	América del Norte	59 300	Glaciar
Tanganyka	África Oriental	31 900	Tectónico
Baikal	Siberia	31 500	Tectónico
Gran Lago de los Osos	América del Norte	31 100	Glaciar
Nyasa	África Oriental	30 800	Tectónico
Chad	África Central	28 000	Endorreico
		(Como Máximo)	
Lago de los Esclavos	América del Norte	27 800	Glaciar
Erie	América del Norte	25 800	Glaciar
Winnipeg	América del Norte	24 300	Glaciar
Ontario	América del Norte	18 800	Glaciar
Ladoga	Europa del Noreste	18 400	Glaciar
Baljash	Asia Central	17 300	Endorreico
Maracaibo	América del Sur	16 300	Tectónico
Onega	Europa del Noreste	9 600	Glaciar
Eyre	Australia	9 500	Endorreico
Rodolfo	África Oriental	8 600	Tectónico
Nicaragua	América del Centro	8 400	Tectónico
Titicaca	América del Sur	8 300	Tectónico

Nota: Solamente lagos de agua dulce

Tabla 2. Principales lagos del mundo  
Fuente: [http://www.bonatura.com/2.01.11.71\\_1r.html](http://www.bonatura.com/2.01.11.71_1r.html)

### 1.2.3 Distribución de recursos hídricos en Europa

En los países Europeos la situación de la distribución del agua no es especialmente grave, su demanda de agua está en descenso, consecuencia de la mejora en su gestión, reutilización y cambios en los procesos industriales. Además de existir abundancia de embalses e infraestructura hidráulica.

Aunque en Europa central y en los países del este del continente, la contaminación de los ríos por las industrias ha sido el problema más grave. Actualmente se está produciendo una mejora general significativa, sobre todo en la situación de los ríos, gracias a la extensión de plantas de tratamiento, el estricto del control y la legislación y el empleo de fondos estructurales para mejoras, infraestructuras e investigación medioambiental (European Environment Agency, 1991). Figura 5.

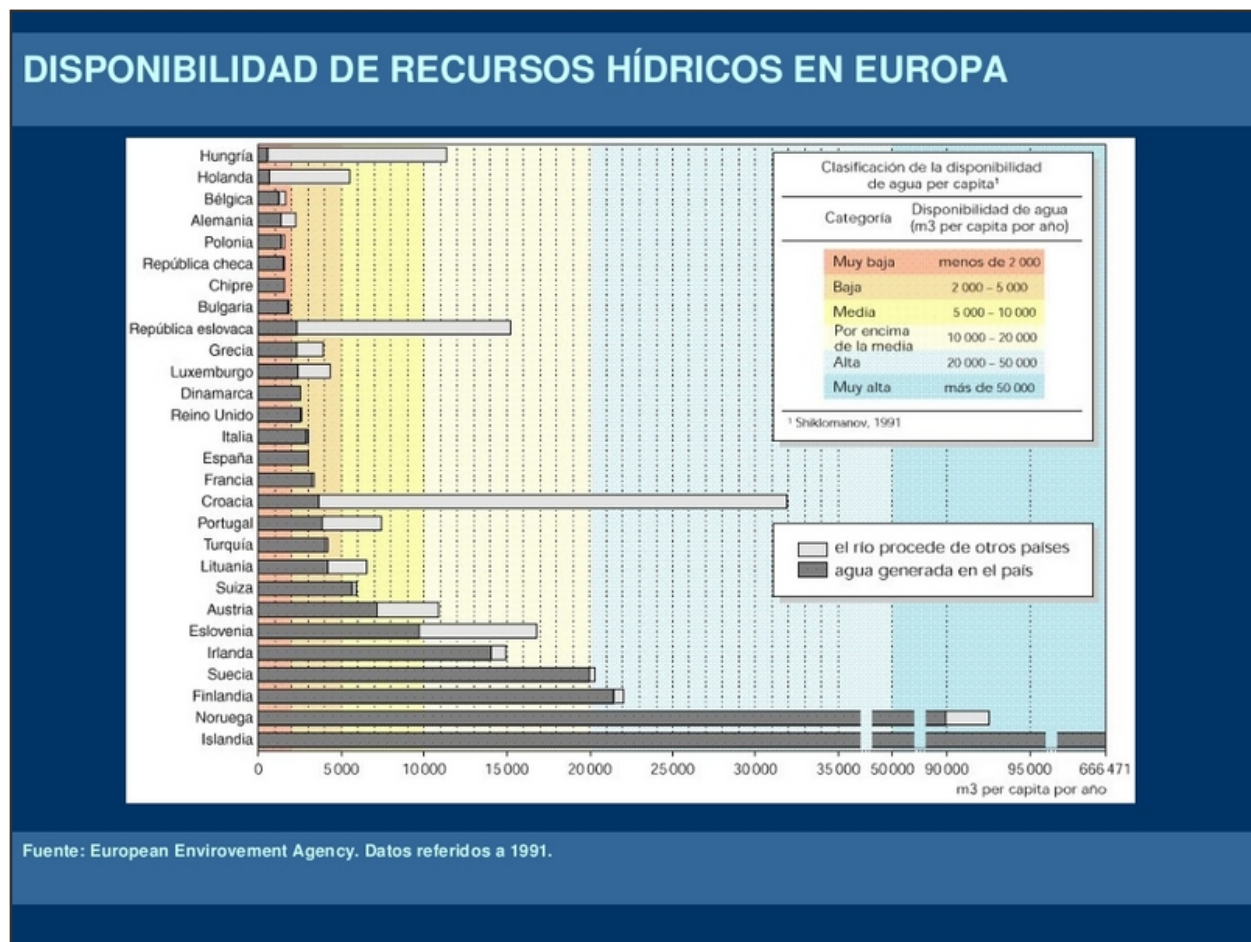


Figura 5. Disponibilidad de recursos hídricos en Europa  
Fuente: European Environment Agency



## 1.2.4 Consumo de agua por continente y sectores productivos

En el mundo el consumo de agua con destino agrícola representa el 70% de agua dulce consumida por el uso de técnicas de riego inapropiadas. Se prevee que el consumo industrial se duplicará en el 2050 y en países de rápida industrialización como China se multiplicará por 5. El consumo urbano también aumenta con la renta per cápita, sobretodo en usos recreativos (campos de golf, parques y jardines, etc.) y derivados del turismo.

A nivel global el consumo de agua dulce se multiplicó por 6 entre 1900 y 1995 mientras que la población sólo lo ha hecho por 3 (FAO,1998). Figura 6.

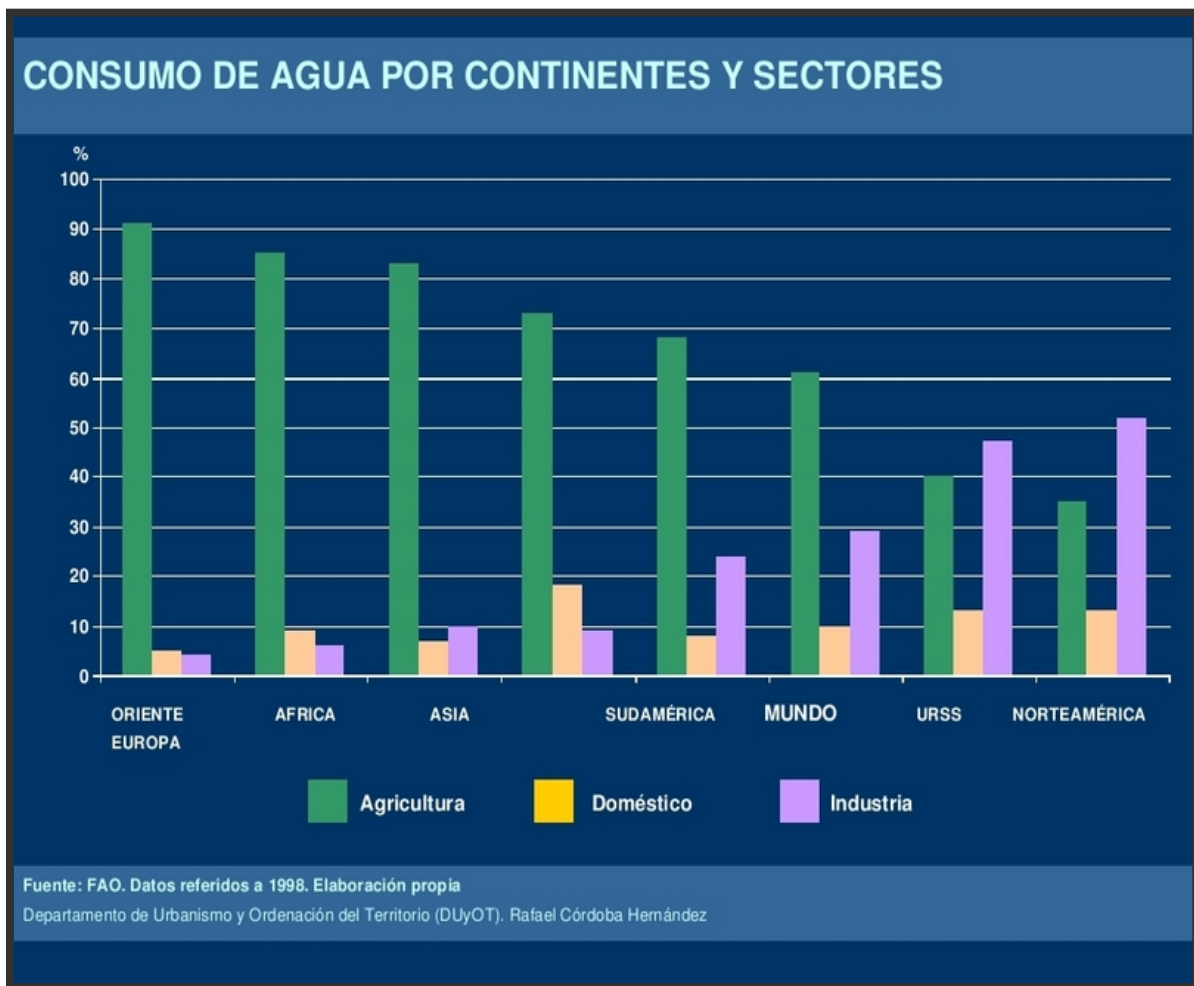


Figura 6. Consumo de agua por continentes y sectores productivos

Fuente: Documentación gráfica sobre sostenibilidad. Ver el enlace:  
[http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor\\_2.html](http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html)



## 1.2.5 Precio del agua

El agua siempre ha tenido un precio y se define como el importe global o marginal que pagan los usuarios por todos los servicios relacionados con el agua (por ejemplo, tarifa de agua potable, alcantarillado y/o saneamiento).

La creación de ciudades demandó grandes gastos en pozos, acueductos y cisternas. En algunos países, el agua de los vendedores es más de 100 veces más cara que el agua suministrada por conexión a la red<sup>6</sup>.

El precio del agua potable en algunos países y estados de México, incluyendo el Distrito Federal, se muestra en la figura 7, en el cual podemos observar como el precio por un metro cúbico de agua en el estado de Michoacán es superior incluso a países como Francia y Reino Unido de la Gran Bretaña.

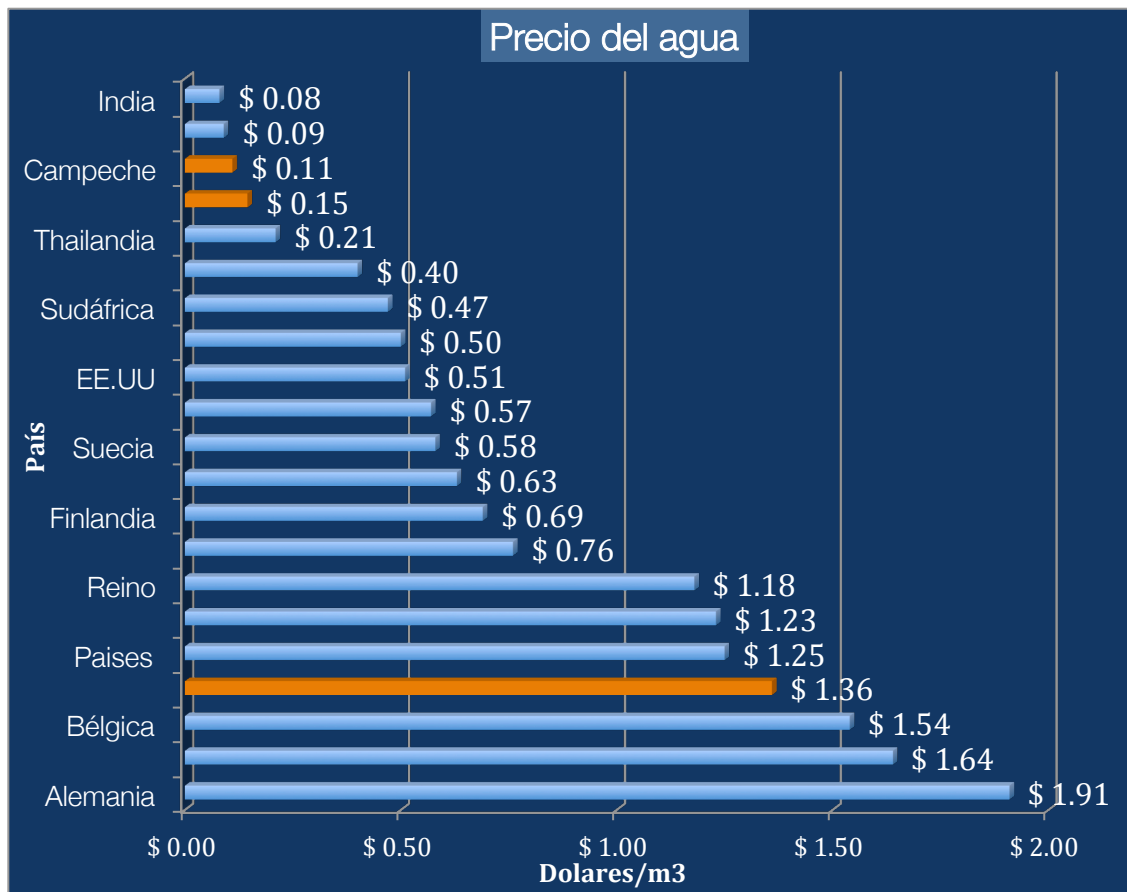


Figura 7. Precio del agua

Fuente: Elaboración propia, datos tomados de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Distritofederal.pdf> y <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>

<sup>6</sup> Información extraída del *Second Water Utilities Data Book*, Asian Development Bank, 1997.

## 1.2.6 Tendencias de precipitación

A nivel global la superficie de las zonas que experimentan sequías fuertes ha aumentado relativamente poco, aunque en algunas áreas de Asia y África se ha observado una mayor frecuencia e intensidad de las sequías en las últimas décadas como se muestra en la figura 8.

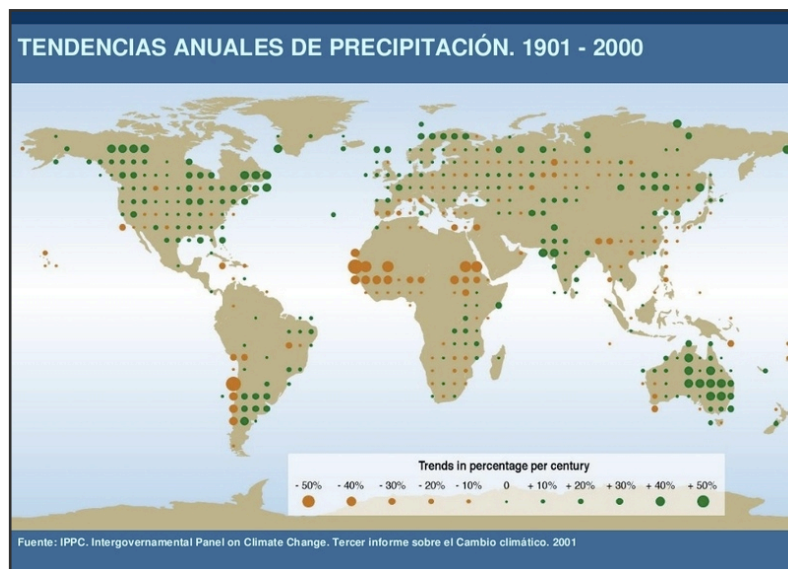


Figura 8. Tendencias anuales de precipitación: 1901-2000

Fuente: IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Tercer informe sobre el cambio climático. 2001

En la figura podemos observar las tendencias recientes que indican un aumento en latitudes medias y altas del hemisferio norte de un 0,5 a un 1% por década, excepto en Asia oriental. Por el contrario en la zona subtropical (de 10 a 30 grados de latitud norte), parecen haber disminuido alrededor de un 0,3% por década, a lo largo del siglo XX (Córdoba, 2004).

La disminución de los índices de precipitación en el mundo han impactado directamente en los niveles de disponibilidad de agua per cápita, de acuerdo a datos de la UNESCO, 3400 millones de personas cuentan con una dotación de apenas 50 litros por día, mientras que en los países desarrollados este valor fácilmente sobre pasa los 400 litros por habitante al día.

En la figura 9, se muestra el comportamiento de la disponibilidad del líquido que ha tenido cada país en las últimas décadas, así como la proyección al año 2025.

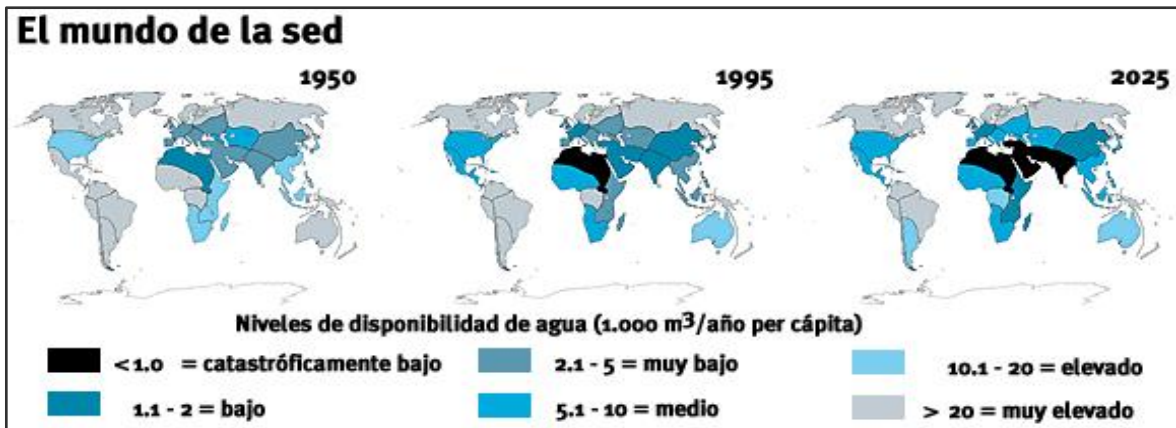


Figura 9. Proyección geográfica de niveles de disponibilidad del agua  
Fuente: UNESCO: [http://www.unesco.org/courier/1999\\_02/sp/dossier/txt12.htm/](http://www.unesco.org/courier/1999_02/sp/dossier/txt12.htm/)

Nótese que de acuerdo a la escala establecida, México, será un país de disponibilidad media en los próximos 13 años. Aunque se estima que en México la disponibilidad de agua ya es baja, aunque como se dijo con anterioridad esta condición varía de región a región (SEMARNAT/CNA, 1996)

### 1.3 Agua en México

La República Mexicana cuenta con una superficie de aproximadamente 2 millones de km<sup>2</sup>, y una población del orden de 112,336,538 de habitantes en el 2010 (INEGI).

El tamaño, la localización geográfica y la geología del territorio hacen posible que en México exista una gran biodiversidad. De acuerdo a datos del Instituto Nacional de Ecología, nuestro país actualmente alberga entre el 10% y 12% de especies animales y vegetales que existen en el planeta.

En México, 77% del agua se utiliza en la agricultura; 14%, en el abastecimiento público; 5%, en las termoeléctricas y 4%, en la industria (figura 10).

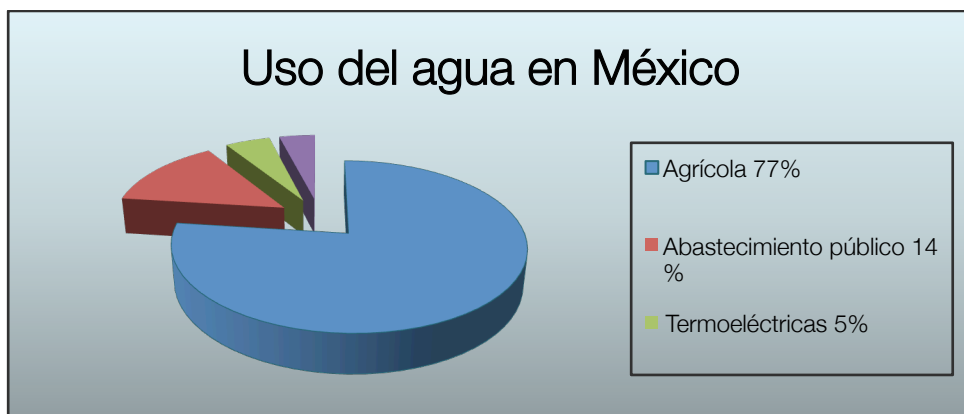


Figura 10. Uso del agua en México  
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/ usos.aspx?tema=T>

En México el crecimiento económico no ha tomado en cuenta plenamente las señales de escasez del agua. La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas de alta insuficiencia del líquido; no sólo en las regiones de baja precipitación pluvial sino también en zonas donde eso no se percibía como un problema al comenzar el crecimiento urbano o el establecimiento de agricultura de riego.

Tan sólo para ilustrar la situación extrema en la que se encuentra el agua subterránea, podemos mencionar que, según cálculos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 101 acuíferos de un total de 600 están sobreexplotados.<sup>7</sup>

Como un indicador más, en el mapa siguiente se aprecia que el 60 % de los conflictos se encuentran en zonas donde hay acuíferos sobreexplotados según la clasificación de la CONAGUA (figura 11).

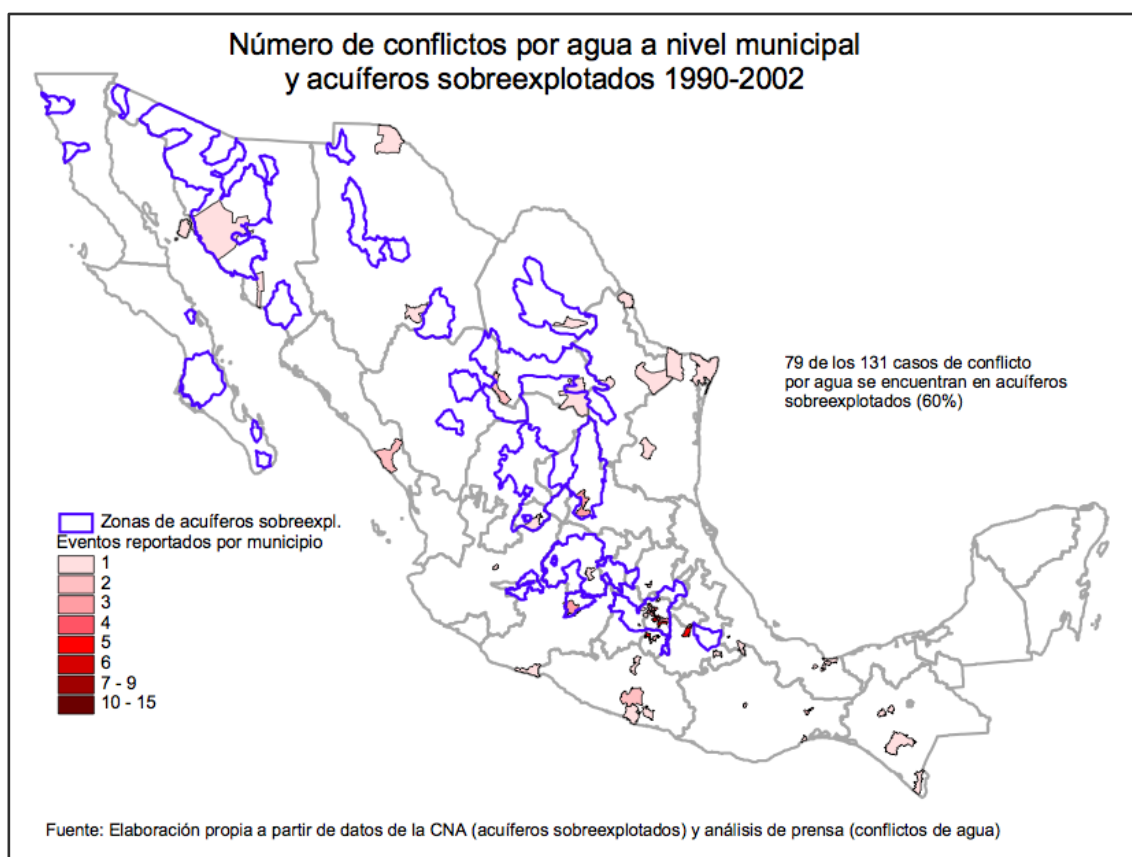


Figura 11. Localización de acuíferos sobreexplotados  
Fuente: [http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/conf\\_agua\\_mex.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/conf_agua_mex.pdf)

<sup>7</sup> Información obtenida del Diario Oficial de la federación, Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de los 188 acuíferos del país, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización, CNA, 31 de enero 2003.

El nivel de precipitación pluvial en México es irregular lo que influye de forma importante en la sobreexplotación de los acuíferos, tan solo en 42% del territorio nacional, principalmente en el norte, la precipitación media anual es menor a 500mm, y en algunos casos como en las zonas próximas al río Colorado, son menores a 50 mm. En contraste, en el 7% del territorio, existen zonas con precipitaciones medias anuales superiores a los 2,000 mm, con zonas donde la precipitación es mayor a 5000 mm (figura 12). Además el 67%-80% de la precipitación ocurre en el verano (Arreguim y otros, 2004; Cantú y Garduño, 2004).

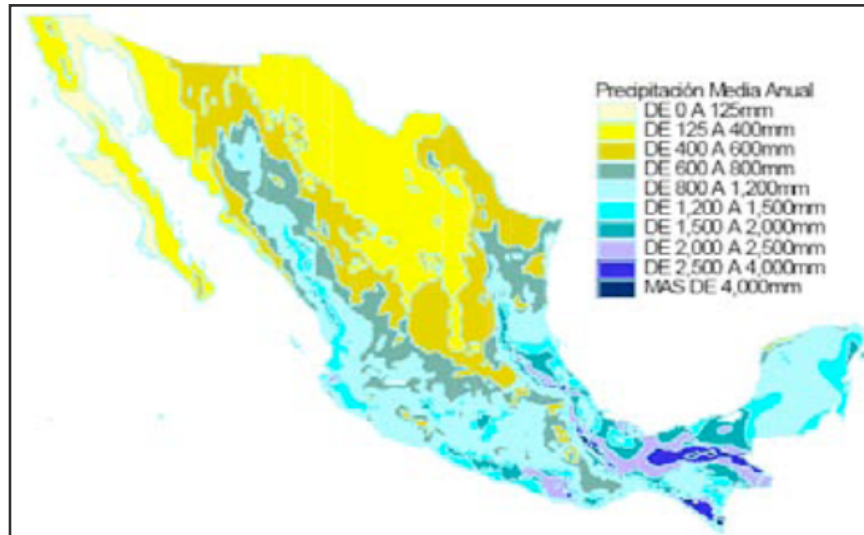


Figura 12. Precipitación media anual en México  
Fuente: <http://aguaenmexico.org/images/aguareto.pdf>

México cuenta con un escurrimiento superficial medio de 394 km<sup>3</sup>. De la precipitación anual, el 23% se vuelve escurrimiento superficial; este se suma a 40km<sup>3</sup> provenientes de Guatemala, 1.8 km<sup>3</sup> del río Colorado y restándole 0.44 km<sup>3</sup> que en promedio se entregan a los Estados Unidos en el río Bravo (Arreguim y otros, 2004).

### 1.3.1 Población en México

En el 2005 había en México 187,939 localidades (o asentamientos), es decir, sitios de censo designados, las cuales pueden ser desde un pequeño pueblo a una ciudad grande. En México se define como ciudad a la que tiene más de 2.500 habitantes. La concentración de habitantes en México se observa en la figura 13.

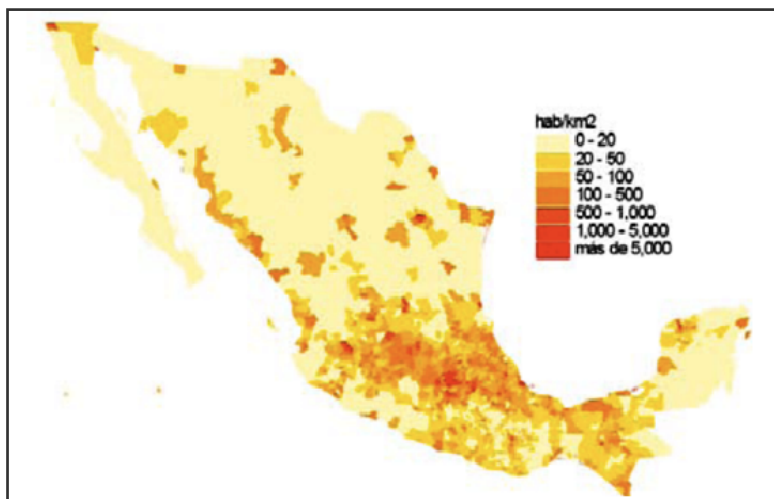


Figura 13. Distribución de la población en México (Hab/km<sup>2</sup>).

Fuente: <http://aguaenmexico.org/images/aguareto.pdf>

En las zonas con mayor densidad de población del país existe una problemática muy compleja en el manejo y dotación de los servicios de agua, principalmente en las grandes ciudades donde se concentran un gran número de usuarios domésticos e industriales que demandan volúmenes considerables de agua para satisfacer sus necesidades hídricas.

En el 2005, nueve de las 55 zonas metropolitanas del país tenían más de un millón de habitantes. Las zonas con mayor aglomeración son<sup>8</sup>:

No.	Zona metropolitana	Población (año 2005)
1	Valle de México	19.152.258
2	Guadalajara	4.062.538
3	Monterrey	3.650.152
4	Puebla	2.092.902
5	Toluca	1.588.921
6	Tijuana	1.467.634
7	León	1.397.546
8	Ciudad Juárez	1.309.721
9	La Laguna	1.093.925

Tabla 3. Zonas metropolitanas con una población mayor a 1 millón de habitantes.

Fuente: INEGI - <http://cuentame.inegi.gob.mx/poblacion/densidad.aspx?tema=p#uno>

<sup>8</sup> La población de las 55 zonas metropolitanas de México asciende a más de 55 millones de personas, que representan más de la mitad de la población total en el año 2005.

El problema básico de estas zonas, sobre todo la zona metropolitana del Valle de México, es la incapacidad hídrica para satisfacer las demandas de agua potable que requiere una población de más de 19 millones de habitantes asentados en la Ciudad de México y su zona conurbada, que se encuentra en constante expansión y desarrollando grandes proyectos inmobiliarios, centros comerciales, industriales y de servicios que requieren grandes volúmenes de agua.

### 1.3.2 Acuíferos en México

De los 653 acuíferos identificados por la gerencia de aguas subterráneas de la CONAGUA, de 98 a 102 acuíferos están siendo sobreexplotados. En estos acuíferos la recarga es de unos 9.0 km<sup>3</sup>/año y la extracción de 13.9 km<sup>3</sup>/año, representando la recarga el 65% de la extracción total.

En estos acuíferos sobreexplotados se extrae el 51% del total a nivel nacional. El usuario más importante del agua subterránea es el sector agrícola, que utiliza alrededor de un 70% de las extracciones, seguido a buena distancia por los usos público-urbano e industrial, que representan alrededor del 22% del bombeo total y poco más del 6%, respectivamente. La sobre explotación conjunta resulta de 4.9 km<sup>3</sup> anuales (Marín, 2002; Arreguim y otros, 2004; Cantú y Garduño, 2004).

En 1975 se identificaron 32 sitios donde los acuíferos estaban sobreexplotados; desde esa fecha ese número ha aumentado sustancialmente, a 36 en 1981, 80 en 1985 y 101 actualmente y el 50% del agua que se utiliza proviene de ellos. Esto ha ocasionado un acelerado descenso de los niveles estáticos, un incremento en los costos de energía para el bombeo, hundimiento y grietas del suelo en áreas urbanas como el de la Ciudad de México.

La mayoría de los cuerpos de agua superficiales del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola o pecuaria lo que ocasiona grados variables de contaminación. Se considera que de 24 a 49% de los cuerpos de agua superficiales se encuentran en el rango de poco a muy contaminados mientras que solo el 7% presenta una calidad excelente.

En la tabla 4, se puede observar algunas características que tienen las regiones hidrológicas en México.



Numero de Región	Región	Numero de acuíferos	Numero de acuíferos sobreexplotados	Recarga anual millones de m <sup>3</sup>	Volumen de extracción en estudios técnicos millones de m <sup>3</sup>	Superávit o déficit(-) según los estudios millones de m <sup>3</sup>
I	P. de Baja California	17	14	482	633	-151
II	Noroeste	14	11	997	1128	-131
III	Pacífico Norte	13	7	2377	888	1489
IV	Balsas	14	3	2298	1318	980
V	Pacífico Sur	3	1	302	96	207
VI	Rio Bravo	26	18	1895	1606	289
VII	C. Centrales del Norte	15	13	1177	1845	-667
VIII	Lerma-Santiago	39	24	4402	5128	-726
IX	Golfo Norte	10	6	848	734	115
X	Golfo Centro	9	0	2704	244	2460
XI	Frontera Sur	14	0	16167	516	1565
XII	P. de Yucatán	4	0	25316	1448	23868
XIII	Valle de México	10	5	1773	1881	-108
Total		188	102	60738	17464	43274

Tabla 4. Muestra regional de acuíferos<sup>9</sup>.

### 1.3.3 Escenarios de la demanda de agua en México<sup>10</sup>

El futuro de la demanda de agua en los próximos 30 años se define en función de las decisiones que se tomen desde ahora y de los eventos que ocurran en el transcurso del tiempo.

Algunas de las numerosas variables que influyen en la demanda de agua para los servicios municipales, la agrícola y la industria, son las siguientes:

- La población total, urbana y rural por regiones.
- El crecimiento del producto interno bruto, sectorial y regional.
- La eficiencia en el uso del agua municipal, agrícola e industrial.
- El consumo de agua por persona.
- La demanda de alimentos por persona.
- Importación de productos agropecuarios.
- Extracciones regionales de agua.
- La disponibilidad regional de agua.

Del año 2000 al 2030, se pronosticó que iba haber un crecimiento poblacional en las zonas regionales de los acuíferos, ocasionando problemas más severos de disponibilidad de este valioso recurso. En la tabla 5 y figura 14, se puede observar la tendencia del crecimiento poblacional para el 2030.

<sup>9</sup> Fundación Gonzalo Río Arronte – Fundación Javier Barros Sierra. Prospectiva de la demanda en México 2000-2030. México 2004. P 44.

<sup>10</sup> Ibid., P 51.



Número de Región	Región	Año 2000 (habitantes)	Año 2030 (habitantes)
I	Península de Baja California	3911408	5669603
II	Noroeste	2321121	3417401
III	Pacífico Norte	3830321	4528638
IV	Balsas	9985404	12169949
V	Pacífico Sur	3927685	4405901
VI	Río Bravo	9417492	14695950
VII	Cuenca Central del Norte	3750847	4284838
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	18853414	23686232
IX	Golfo Norte	4691707	5596296
X	Golfo Centro	9121672	10428228
XI	Frontera Sur	5853616	8226073
XII	Península de Yucatán	3215461	5396079
XIII	Valle de México	19603264	24700398
Suma		97483412	128926906

Tabla 5. Poblaciones regionales del 2000 y 2030<sup>11</sup>

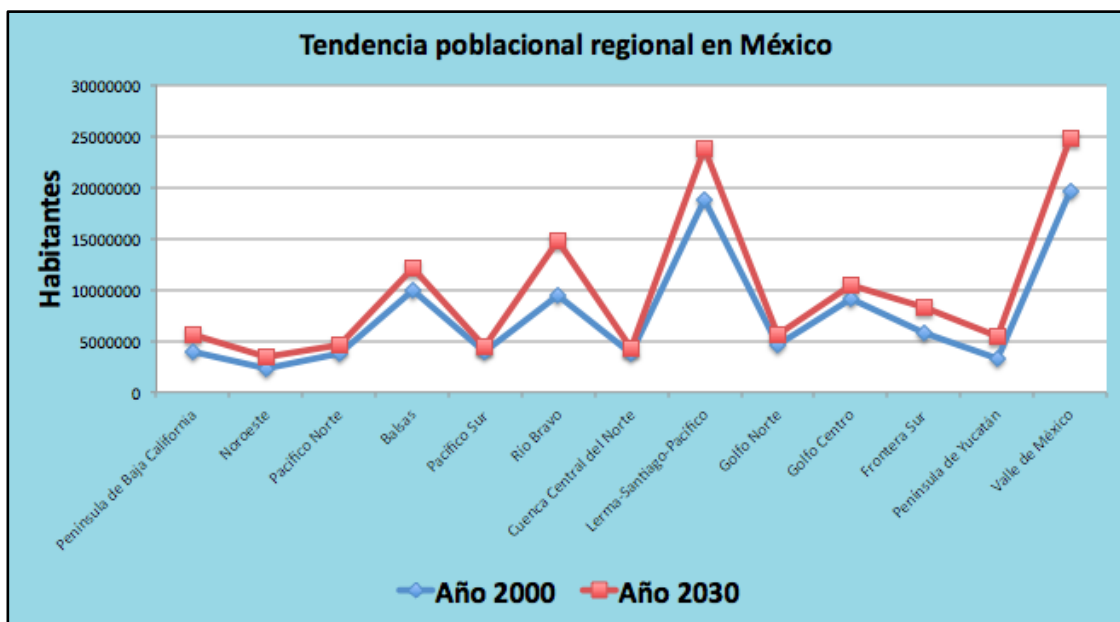


Figura 14. Tendencia de crecimiento poblacional que experimentarán las zonas regionales de los acuíferos en México al año 2030.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Fundación Gonzalo Río Arronte – Fundación Javier Barros Sierra. Prospectiva de la demanda en México 2000-2030.

<sup>11</sup> Fundación Gonzalo Río Arronte – Fundación Javier Barros Sierra. Prospectiva de la demanda en México 2000-2030. México 2004. P 54.

## 1.4 Situación de agua en el Distrito Federal

De acuerdo a cifras de la SEMARNAT- CNA se estima que en 1998 la extracción total fue de 198 km<sup>3</sup>. De éstos, 79,4 km<sup>3</sup> se destinaron a usos consuntivos<sup>12</sup>, distribuidos de la siguiente manera:

- A) agrícola 76%
- B) doméstico 17%
- C) industrial 5% y otros usos

Los 119 km<sup>3</sup> restantes se utilizaron con fines hidroeléctricos. La figura 15 presenta la evolución reciente y predicciones futuras en las extracciones del agua.

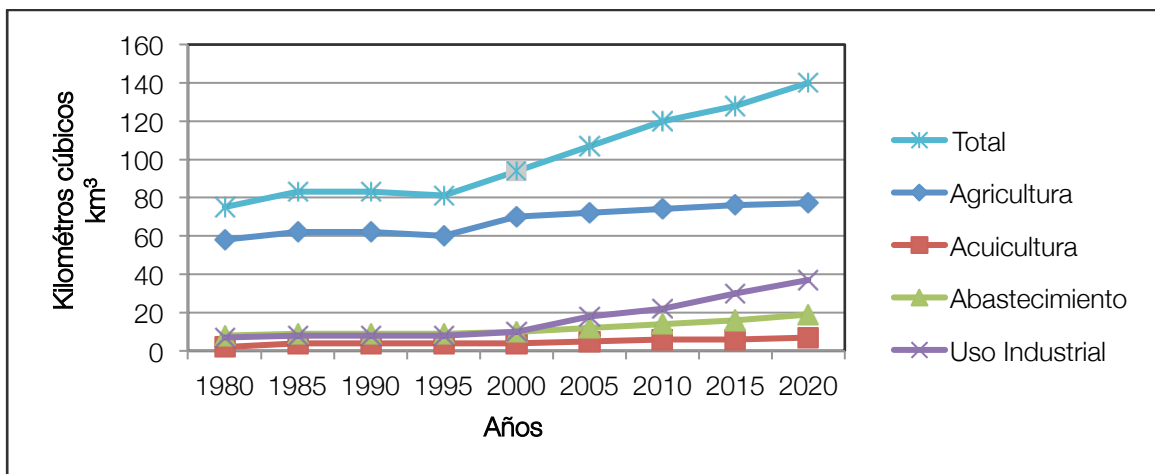


Figura 15. Tendencia del uso del agua

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/mexico/indexesp.stm>

El Distrito Federal está integrado por 16 delegaciones, que cubren una extensión de 1,485 km<sup>2</sup>, el 0.1% del territorio nacional, cuenta con una población de 8,851,080 habitantes, el 8.4% del total del país, su distribución de población es de 99.7% urbana y 0.3% rural (INEGI, 2010).

### 1.4.1 Población en el Distrito Federal

En el último siglo, la población en el Distrito Federal ha incrementado en grandes proporciones. Los censos que se realizaron desde 1900 hasta 2010 muestran el crecimiento de la población en el Distrito Federal (figura 16).

<sup>12</sup> Usos consuntivos: Es el uso del agua que no se devuelve en forma inmediata al ciclo del agua.

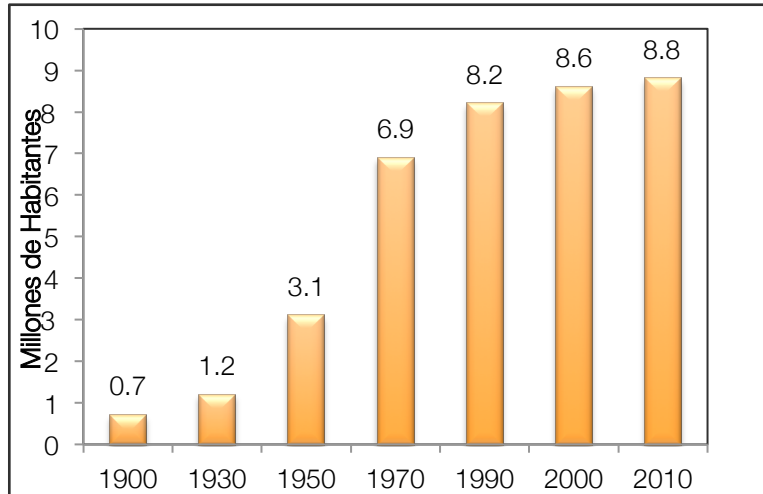


Figura 16. Crecimiento de la población en el Distrito Federal

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del sitio

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=09>

De 1900 a 1970, la población del Distrito Federal creció aceleradamente y de 1970 a 1990, la población en la capital del país aumentó en más de 1 millón de habitantes.

En la tabla 6, se observa el crecimiento de la población por kilómetro cuadrado en el Distrito Federal y por delegación, el cual nos ayuda a observar la tendencia el crecimiento poblacional y futuras problemáticas que podrían causar.

Densidad de población por delegación 1980 – 2007 (habitantes por km <sup>2</sup> )							
Delegación	1980	1990	1995	2000	2005	2006	2007
<b>Total</b>	<b>5,891.3</b>	<b>5,494.2</b>	<b>5,663.1</b>	<b>5,740.7</b>	<b>5,817.8</b>	<b>5,880.8</b>	<b>5,881.1</b>
Álvaro Obregón	6,824.1	6,861.9	7,226.8	7,334.5	7,543.2	7,597.2	7,608.1
Azcapotzalco	17,430.4	13,755.1	13,188.4	12,779.1	12,323.9	12,169.2	12,040.9
Benito Juárez	20,733.7	15,517.9	14,077.5	13,716.8	13,509.0	13,840.7	13,815.6
Coyoacán	10,088.3	10,813.8	11,040.5	10,819.8	10,611.0	11,047.5	11,042.3
Cuajimalpa	1,251.4	1,642.0	1,878.1	2,074.9	2,382.3	2,255.0	2,274.2
Cuauhtémoc	25,396.8	18,571.5	16,839.6	16,087.7	16,246.4	15,876.4	15,793.0
Gustavo A. Madero	16,546.7	13,864.7	13,742.8	13,509.1	13,045.7	13,076.6	12,967.1
Iztacalco	26,116.2	20,527.6	19,184.2	18,833.4	18,087.2	18,214.2	18,061.5
Iztapalapa	10,142.6	11,975.7	13,631.8	14,248.3	14,630.3	15,015.3	15,071.4
Magdalena Contreras	2,783.5	3,136.2	3,407.3	3,570.5	3,681.1	3,793.9	3,813.4
Miguel Hidalgo	11,800.6	8,841.1	7,918.3	7,662.8	7,682.2	7,667.4	7,644.5
Milpa Alta	199.6	237.0	301.9	360.2	431.4	407.2	413.0
Tláhuac	1,661.8	2,338.0	2,894.4	3,424.8	3,892.2	3,975.6	4,043.4
Tlalpan	1,191.3	1,565.5	1,783.9	1,878.4	1,961.6	2,027.0	2,041.6
Venustiano Carranza	20,952.4	15,713.0	14,684.7	13,994.7	13,530.7	13,191.1	13,031.2
Xochimilco	1,616.0	2,014.8	2,469.3	2,747.7	3,005.3	3,090.8	3,131.5

Tabla 6. Densidad de población delegacional

Fuente: Construido a partir CONAPO. Estimaciones de la población en México. Población total de los municipios a mitad de año, 1995-2050 según datos del sitio

<http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/media/agenda/morta2/111.htm>

## 1.4.2 Cuerpos de agua en el Distrito Federal

De acuerdo al Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, de la Secretaría de Gobernación (2010), en el Distrito Federal se cuentan con varios cuerpos de agua. Tales como:

### a) Ríos.

- Mixcoac (entubado)
- Agua de Lobo
- Churubusco (entubado)
- Los Remedios
- La Piedad (entubado)
- Tacubaya
- Consulado (entubado)
- Santo Desierto
- La Magdalena
- San Buenaventura
- El Zorrillo
- Oxaixtla

### b) Canales.

- Chalco
- Apatlaco
- General
- Nacional
- Cuemanco
- Del Desagüe

### c) Presas.

- Anzaldo
- Mixcoac (Canutillo)

### d) Lagos.

- Xochimilco
- San Juan de Aragón (artificial)
- Chapultepec (artificiales)

En la figura 17 y 18, Legorreta (2005, p. 250), indica que en el Valle de México, en poco menos de 500 años se han extinguido los cinco grandes lagos que se encontraban presentes en la zona. El crecimiento acelerado de la población y el consecuente incremento en el uso del agua, han sido los factores más importantes en esto ocurriera.

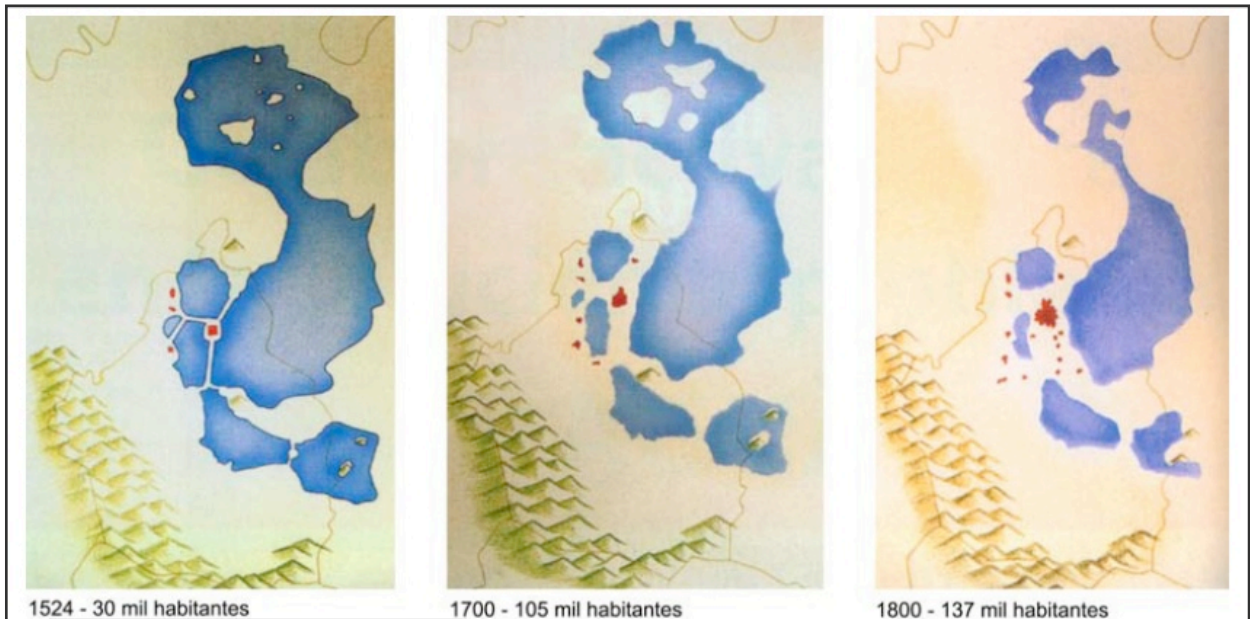


Figura 17. Disminución de los cuerpos de agua en el Distrito Federal  
Fuente: Ibidem

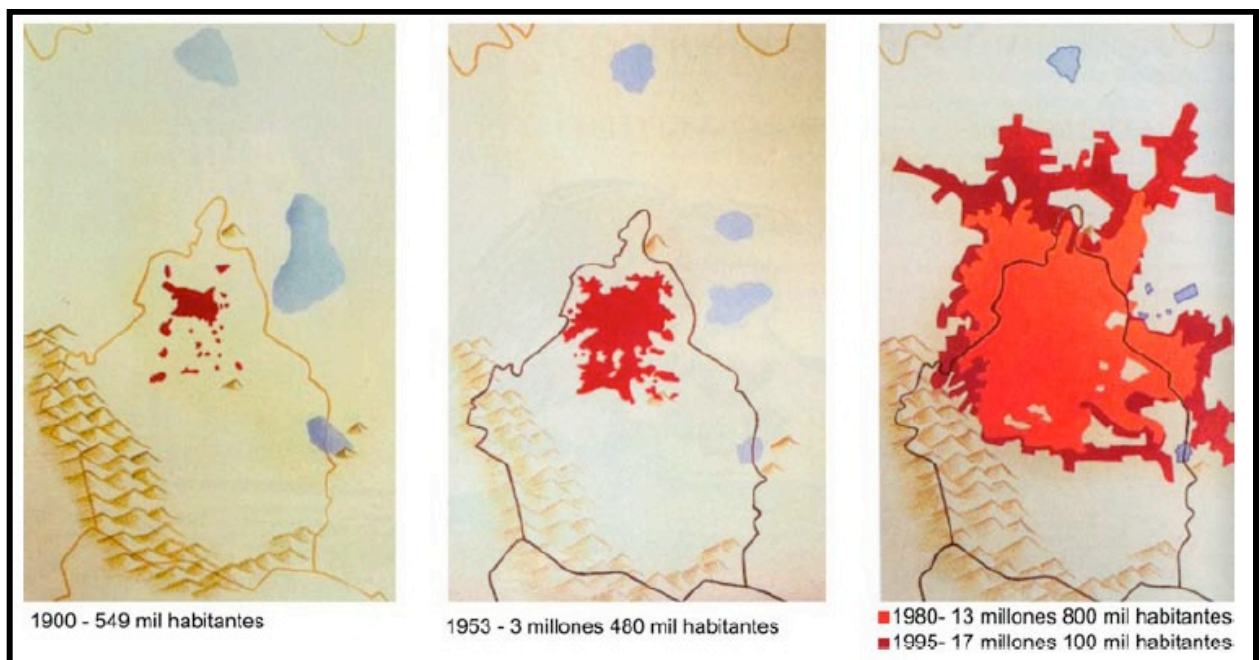


Figura 18. Aumento de la población en el Distrito Federal  
Fuente: Ibidem

El rápido crecimiento que ha experimentado la zona metropolitana del Valle de México en los últimos años, se ha caracterizado tanto por la expansión de áreas urbanas planeadas, las invasiones ilegales de tierra y por asentamientos no planificados en las áreas periféricas, que al paso del tiempo reciben servicios urbanos que incluyen el abastecimiento de agua. Garantizar el abasto de agua para una población de más de 18 millones de habitantes en continuo crecimiento y una industria en expansión resulta cada día más difícil.

El caudal de agua que se suministra a la zona metropolitana es de 62 m<sup>3</sup> por segundo, de los que 43.5 por ciento correspondieron a los municipios conurbados del Estado de México y 56.5 al Distrito Federal. El 71% de este se obtiene de los mantos acuíferos del Valle sobre los que está asentada la ciudad. El 26.5% llega a nosotros a través de grandes acueductos desde el acuífero del Valle del Lerma a 60 Km de la ciudad y del sistema Cutzamala a 127 Km de distancia, y el 2.5 % restante proviene de las pocas fuentes superficiales que aún quedan en la cuenca de México (CONAGUA, 2000).

El sistema Lerma-Cutzamala ubicado en el Valle de Toluca, es una de las infraestructuras hidráulicas más grandes y complejas del mundo. El agua es captada por 267 pozos profundos que alimentan a acueductos que conducen el líquido hacia un túnel que cruza la Sierra de las Cruces para introducir el agua al Valle de México. Para poder dotar de agua a las partes altas de la ciudad, el agua tiene que ser bombeada por 102 plantas que incrementan la presión en la red. El simple hecho de importar agua de regiones tan alejadas y elevarla hasta la altura de la ciudad representan altos costos tanto económicos como sociales, políticos y ambientales.

Cada segundo se extraen del subsuelo 45 m<sup>3</sup>, mientras que se reponen naturalmente tan solo 25 m<sup>3</sup>. Consecuencia de este desequilibrio es la deshidratación y compactación de las arcillas que cubren el Valle además del asentamiento o hundimiento del terreno el cual va de seis hasta 30 cm al año en zonas como Xochimilco, Tláhuac, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chalco. El hundimiento ha provocado debilitamiento en los cimientos de las construcciones, la dislocación de tuberías que provoca inestabilidad en la red de drenaje y agua potable.

Aunque consumo promedio de agua por persona en la zona metropolitana de la Ciudad de México es de 300 litros diarios, lo cual representa uno de los más elevados del mundo; existen diferencias considerables entre los distintos sectores socioeconómicos de la ciudad: en las zonas de nivel económico alto el consumo puede ser de hasta 600 litros de agua por habitante al día, mientras que en otras zonas el consumo es de apenas 20 litros, ver tabla 7.



Delegación	Consumo					
	Doméstico		No doméstico (industrial, comercial, servicios)		Total	
	m³/s	L/hab/día	m³/s	L/hab/día	m³/s	L/hab/día
Álvaro Obregón	1.61	204.98	0.261	33.31	1.867	238.29
Azcapotzalco	0.76	143.33	0.358	67.97	1.113	211.29
Benito Juárez	0.73	170.49	0.540	126.11	1.270	296.60
Coyoacán	1.36	197.94	0.230	30.41	1.591	210.35
Cuajimalpa	0.42	263.86	0.054	34.09	0.472	297.95
Cuauhtémoc	0.90	143.26	1.171	187.23	2.067	330.49
Gustavo A. Madero	2.22	152.74	0.722	49.63	2.944	202.37
Iztacalco	0.67	138.37	0.316	65.16	0.987	203.53
Iztapalapa	2.73	139.13	0.785	39.98	3.517	179.10
Magdalena Contreras	0.45	181.85	0.400	163.10	0.846	344.95
Miguel Hidalgo	1.30	308.95	0.048	11.38	1.351	320.33
Milpa Alta	0.14	149.15	0.035	37.29	0.175	186.43
Tláhuac	0.41	137.08	0.104	35.11	0.510	172.20
Tlalpan	1.12	174.98	0.143	22.36	1.262	197.35
Venustiano Carranza	0.75	135.04	0.496	88.25	1.255	223.28
Xochimilco	0.59	154.18	0.117	30.42	0.710	184.6
Distrito Federal	162.2	164.44	5.780	58.780	21.900	223.30

Tabla 7. Abastecimiento de agua por delegación en el Distrito Federal  
Fuente: [http://www.uia.mx/web/files/la\\_problematika\\_del\\_agua%20.pdf](http://www.uia.mx/web/files/la_problematika_del_agua%20.pdf)

### 1.4.3 El consumo de agua purificada

El consumo de agua embotellada en el mundo es de 154 millones de litros, con un gasto anual cerca de 120 mil millones de dólares. De acuerdo a un informe de Beverage Marketing Corporation, en el año 2010, México fué el primer consumidor de agua embotellada del mundo, luego de que en cuatro años la demanda creció 40 por ciento México. En nuestro país, cada familia destina mil 800 pesos a la compra del líquido embotellado, a pesar de que se trata de un derecho.

Las ventas actuales del líquido embotellado en el país son de 26 mil 32 millones de litros al año, de los cuales, se estima, 18 mil 222 millones fueron comercializados en garrafón y 7 mil 809 millones –30%– en botellas individuales.

En las últimas décadas el agua embotellada se ha colocado en los primeros tres lugares como mercancía que más dinero mueve en el mundo, con un ritmo anual de crecimiento del 12%. De tal manera que un litro de agua purificada cuesta igual o más que un litro de gasolina o que un litro de leche (Campos, 2006).

Incluso en países donde existe servicio público de agua potable, las personas pueden llegar a gastar hasta 1000 veces más dinero en agua embotellada que si la tomaran directamente del grifo. Los estudios realizados por la Organización Mundial

de la Salud indican que de las 37 enfermedades más comunes en América Latina y el Caribe, 21 están relacionadas con la escasez del agua y con el agua contaminada, cada año mueren de 25 a 30 millones de habitantes en el mundo debido a estas enfermedades. El 80% de las enfermedades gastrointestinales se debe a la mala calidad del agua.

En 2012, con un aproximado de 233.98 millones de litros anuales, México continúa en el primer lugar de consumo, dejando a EUA en un noveno lugar con 104.32 millones de litros consumidos, y a otros países primermundistas como Alemania y Francia que ocupan el sexto y quinto lugar respectivamente<sup>13</sup>.

#### 1.4.4 Normas de calidad: Condiciones físicas exigidas para el agua potable

La última modificación de la “Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”. Establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Por tales razones la Secretaría de Salud, propuso dichas modificaciones a la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

Los límites permisibles de características microbiológicas que aseguran una buena calidad del agua, debes ajustarse a la siguiente tabla:

Característica	Límite permisible
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

<sup>13</sup> Velázquez, J. (2012, 10 Abril). El consumo de agua embotellada. Zona Franca. Obtenido en la red mundial, el día 15 de Abril de 2012: <http://www.zonafranca.mx/el-consumo-de-agua-embotellada/>



El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua.

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año.

Para efectos de la presente norma, Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la siguiente tabla:

Característica	Límite permisible
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Fuente: Ibidem

El contenido de constituyente químicos deberá ajustarse a los siguientes límites permisibles:

Característica	Límite permisible mg/l
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5

<b>Plaguicidas en microgramos/l:</b>	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 - D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

Fuente: Ibidem

El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual, de acuerdo a la norma citada:

Tabla de cumplimiento gradual

Límite permisible mg/l	Año
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

Fuente: Ibidem

El límite permisible de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la siguiente tabla. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro)<sup>14</sup>.

Característica	Límite Permisible Bq/l
Radiactividad alfa global	0,56
Radiactividad beta global	1,85

Fuente: Ibidem

<sup>14</sup> Becquerel: La unidad de actividad, el Becquerelio, lleva el nombre del francés Henri Becquerel que descubrió las primeras emisiones radiactivas. Un Becquerelio representa una desintegración por segundo.

## Calidad del agua<sup>15</sup>

Uno de los indicadores más empleados para medir la calidad del agua es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de un cierto volumen de agua. Esta medida se refiere al contenido de materia orgánica que usa el oxígeno del agua para su sobrevivencia. Así entre mayor sea el DBO en un metro cúbico de agua, mayor es el contenido de bacterias y protozoos<sup>16</sup> que contiene.

En México solamente se da tratamiento al 15% de las aguas contaminadas en los cuerpos de agua superficiales, prácticamente el agua de los ríos ha dejado de ser potable.

## 1.5 Situación del agua en Coyoacán

Coyoacán, una de las 16 delegaciones políticas en las que se divide el Distrito Federal, se ubica en el centro geográfico de esta entidad, al suroeste de la cuenca de México y cubre una superficie de 54.4 kilómetros cuadrados que representan el 3.6% del territorio de la capital del país. Ver figura 19.

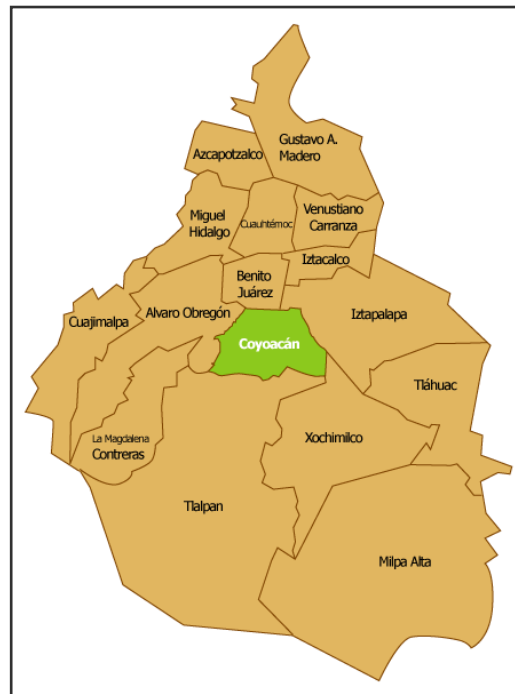


Figura 19. Ubicación de la Delegación Coyoacán

Fuente: <http://www.coyoacan.df.gob.mx/>

<sup>15</sup> Fundación Gonzalo Río Arronte – Fundación Javier Barros Sierra. Prospectiva de la demanda en México 2000-2030. México 2004. P 39.

<sup>16</sup> Protozoos: también llamados protozoarios, son organismos microscópicos que consisten en células simples eucarióticas. Son causantes de enfermedades como la malaria, la enfermedad del sueño y algunos tipos de disentería. Stanley E. Manahan - Introducción a la química ambiental; Protozoos, Ed. Reverté Ediciones S.A. de C. V. España 2007. P 104.

En lo referente a la hidrografía, dos son los ríos que cruzan la demarcación: el río Magdalena (casi totalmente entubado) penetra en la delegación por el sureste, cerca de los Viveros de Coyoacán se le une el río Mixcoac (entubado), para juntos formar el río Churubusco que sirve como límite natural con la delegación Benito Juárez, al norte.

El esquema general de hidrografía ubica a estos ríos como las corrientes principales. También al interior de la demarcación se localiza el Canal Nacional, de acuerdo con la carta hidrográfica de aguas superficiales, el 100% de la delegación Coyoacán se encuentra en la región del Pánuco, en la Cuenca Rey Moctezuma y en la sub cuenca lago Texcoco-Zumpango.

### 1.5.1 Población en Coyoacán

La Delegación Coyoacán cuenta con el 7.2% de la población total del Distrito Federal. De ésta, el 52.9% son mujeres y el 47.1% hombres. El número de pobladores disminuyó de 640,423 habitantes en el año 2000 a 628,063 en el 2005, por lo que entre los primeros cinco años de la actual década se tuvo un decrecimiento de la población equivalente a una tasa de - 0.4 anual. El grupo de edad más importante en Coyoacán lo conforman los individuos de entre 20 y 29 años, al representar éstos el 17.3% del total (INEGI, 2005).

En la tabla 8, se muestra el número de habitantes en el Distrito Federal y en la delegación Coyoacán, así como el porcentaje poblacional que la delegación tuvo en los últimos 15 años.<sup>17</sup>

Año	Población total		
	Distrito Federal	Coyoacán	
	Número	Número	Participación %
1990	8 235 744	640 066	7.8
1995	8 489 007	653 489	7.7
2000	8 605 239	640 423	7.4
2005	8 720 916	628 063	7.2

Tabla 8. Población en el Distrito Federal y Coyoacán.

Fuente: <http://www.siege.df.gob.mx/estadistico/pdf/monografias/coy.pdf>

En la figura 20, se puede observar cual es el comportamiento poblacional en la delegación Coyoacán de 1990 a 2005.

<sup>17</sup> Datos obtenidos del sitio <http://www.siege.df.gob.mx/estadistico/pdf/monografias/coy.pdf>

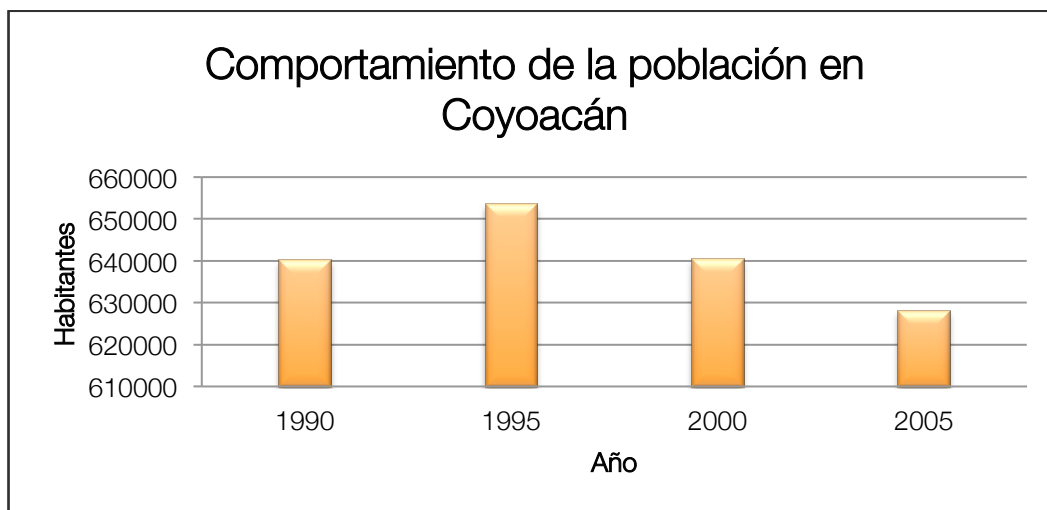


Figura 20. Comportamiento poblacional en la delegación Coyoacán.  
Fuente: INEGI 2005

## 1.5.2 Rasgos climatológicos de Coyoacán

De acuerdo a la ubicación geográfica de Coyoacán, sus datos climatológicos comparten cierta similitud con las demás entidades de la zona metropolitana del valle de México, en donde se presentan tres subtipos de climas, como resultado de las diferencias de elevación y relieve del terreno; y cabe mencionar que estos subclimas, influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. Se presenta un clima templado con lluvias en verano, templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano y un clima seco (Secretaría del Medio Ambiente, 2006), figura 21.

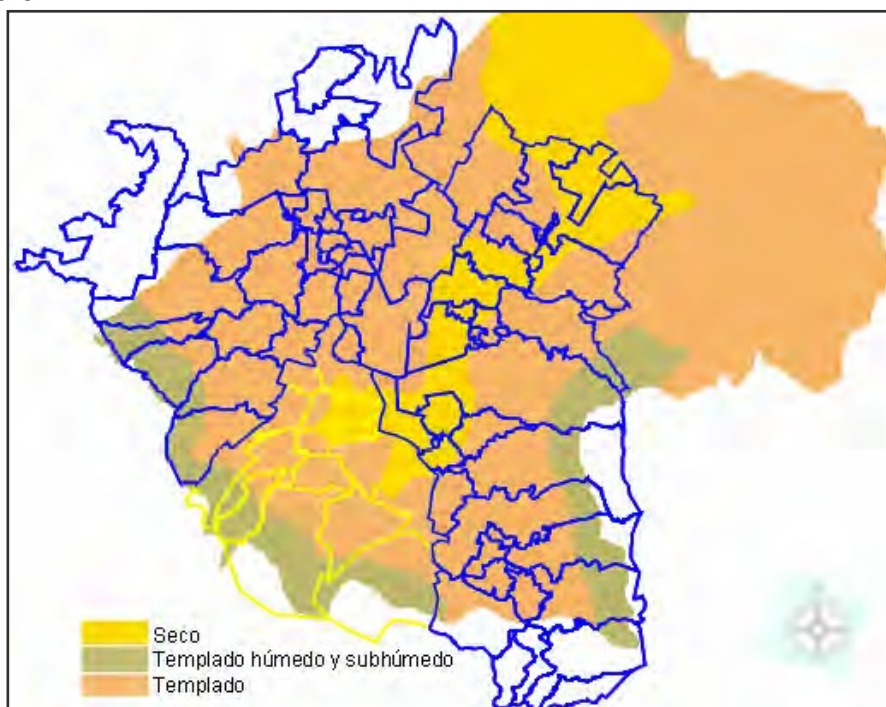


Figura 21. Climas de la Zona Metropolitana del Valle de México  
Fuente: [www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)

En los últimos años las condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México han cambiado, provocando que casi no se distingan los cambios estacionales, aún se puede reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación seca que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C que se presentan en esta última estación, permiten dividirla en dos estaciones: seca-caliente y seca-fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero.

Por otro lado la temporada de lluvias y humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, ocasionando que desciendan los niveles de algunos contaminantes por la inestabilidad atmosférica. Los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (nororiente principalmente).

El promedio de precipitación pluvial, indica que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la parte occidental del Distrito Federal, al pie de la sierra Ajusco-Chichinautzin.

## 1.6 Situación del agua en Ciudad Universitaria

El sistema hidráulico de agua potable en la zona de Ciudad Universitaria esta dividido en 5 sectores hidráulicos, ver figura 22.

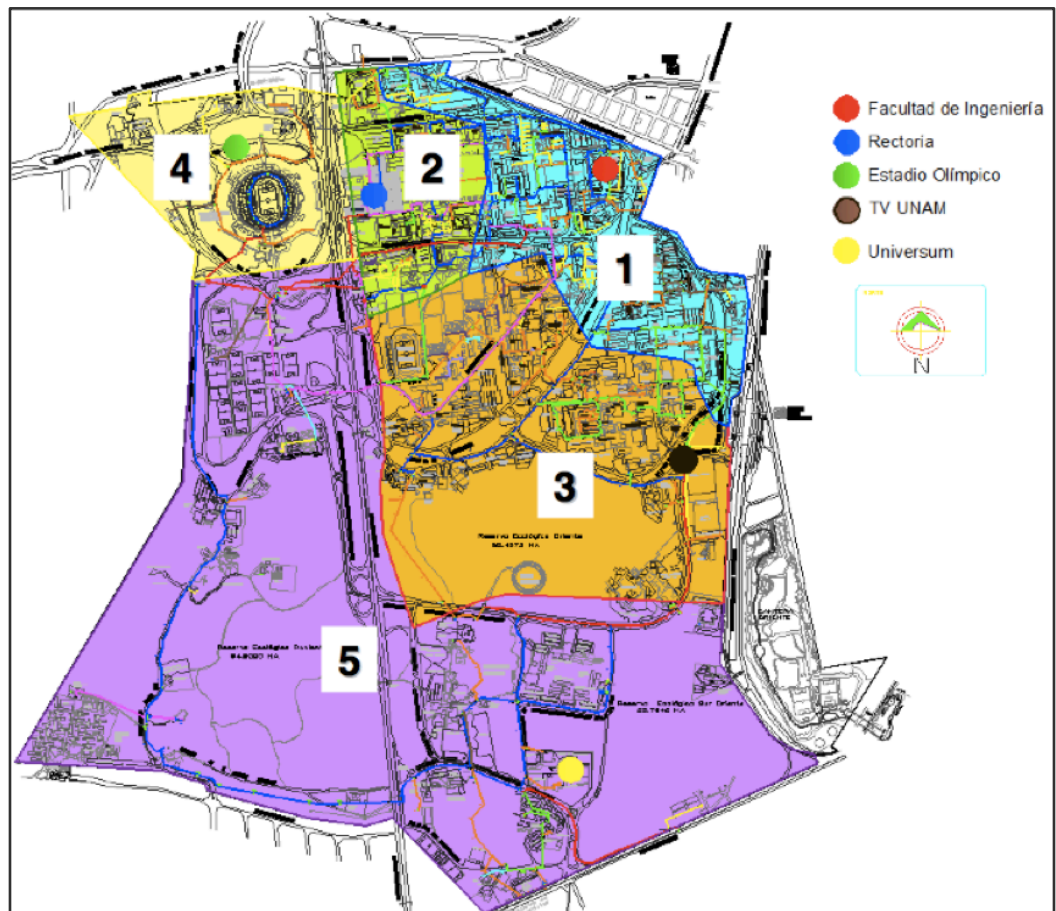


Figura 22.  
Mapa de los sectores  
hidráulicos de  
Ciudad  
Universitaria  
Fuente:  
PUMAGUA,  
avances 2009  
Pp. 28

Cada sector esta hidráulicamente aislado de los demás sectores. Las instalaciones donde se propone la implementación del sistema de captación están ubicadas en el sector hidráulico 3.

### 1.6.1 Datos estadísticos de Ciudad Universitaria (Año 2011)<sup>18</sup>

#### 1) Alumnos:

##### a) 316 586 alumnos en el ciclo escolar 2010-2011:

- 25 167 de Posgrado.
- 180 763 de Licenciatura.
- 109 530 de bachillerato.
- 362 Técnicos.
- 767 en el Propedéutico de la Escuela Nacional de Música.

#### 2) Académicos:

##### a) **36 172 académicos**

- 11 693 de tiempo completo.

#### 3) Planes y programas de estudio:

##### a) Posgrado:

- 40 programas de posgrado con 83 planes de estudio de maestría y doctorado.
- 33 programas de especialización con 193 orientaciones.

##### b) Licenciatura:

- 91 carreras en 165 planes de estudio.

##### c) Educación media superior:

- 3 planes de estudio de bachillerato.
- 4 carreras técnicas (enfermería y música) .

#### 4) Facultades, escuelas, centros e institutos de investigación.

##### a) Educación Superior:

- 13 facultades, 6 unidades multidisciplinarias y 4 escuelas.

##### b) Bachillerato:

- 9 planteles de la Escuela Nacional Preparatoria.
- 5 planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades.

##### c) Institutos y centros de investigación:

- 29 Institutos, 16 centros y 9 programas universitarios.

---

<sup>18</sup> <http://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>



## 5) Egresados, titulados y graduados

- a) 25 219 egresados de bachillerato en 2010.
- b) 18 598 titulados de licenciatura en 2010, 66% mediante opciones distintas a la tradicional tesis o tesina y examen profesional.
- c) 7 055 especialistas, maestros y doctores graduados en 2010.

## 6) Infraestructura existente en 2009.

- a) 2 391 970 m<sup>2</sup> de área construida.
- b) 2 125 Edificios.
- c) 3 884 Aulas, 3 734 cubículos, 2 802 laboratorios y 420 talleres.
- d) 134 bibliotecas con un acervo de 1,097,721 títulos y 6,412,023 volúmenes.
- e) 66,116 computadoras conectadas a Red UNAM.

## 7) Presupuesto

- a) 29,233 millones de pesos en 2011:
  - 60.5% docencia.
  - 26.1% investigación.
  - 8.3% extensión universitaria.
  - 5.1% gestión institucional.

## 1.6.2 Captación en edificios

Algunos ejemplos de captación en edificios en los que se han adaptado sistemas de captación pluvial son:

### **Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal**

De acuerdo al artículo 40 de la Ley de Aguas del Distrito Federal<sup>2</sup> se establece que en las construcciones e instalaciones, tanto del Gobierno del Distrito Federal, sus dependencias, entidades y organismos desconcentrados, así como las edificaciones de la Asamblea Legislativa y del Poder Judicial del Distrito Federal, deberán establecer sistemas de recuperación y almacenamiento de aguas pluviales así como sistemas para el ahorro y usos sustentable del agua. Bajo esta premisa el edificio que alberga al Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF) implementó un sistema de captación pluvial en su azotea<sup>19</sup> en julio de 2010, mismo que trabaja en cada época de lluvia (Mayo – Octubre), recogiendo y almacenando las aguas que caen sobre su área de captación.

---

<sup>19</sup> Ver el siguiente enlace: [http://www.paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/leyagua\(30mayo05\).pdf](http://www.paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/leyagua(30mayo05).pdf)

La superficie de captación tiene una geometría cóncava cuya área es de 160 m<sup>2</sup>, está fabricada con dos capas de vidrio comercial recubiertas por una película antiasalto, ambas selladas con silicón. (Figura 23)



Figura 23. Superficie de captación de agua pluvial del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.

El agua captada es transportada por la tubería de conducción hasta una cisterna que cuenta con una capacidad de 7 m<sup>3</sup>, el tiempo de llenado está en función de la precipitación pluvial, el rango es de 30 a 45 minutos y el tiempo que lleva en consumirse el agua captada es de 3 días aproximadamente. Su principal uso es para servicios (limpieza de pisos, inodoros o excusados); el Instituto cuenta con un personal de 70 empleados, y este número fluctúa en relación a la gente que visita el edificio.

El costo total del sistema de captación fue de \$ 2,320,000 (Cubierta de captación, cisterna y equipo de potabilización).

El mantenimiento que recibe dicho sistema es semestral o anual y básicamente consiste en limpiar la superficie de captación y los filtros.

Los beneficios del sistema se traducen en un ahorro del 30% de agua en los mingitorios. En términos monetarios esto representó una disminución del 50% para el ICyTDF en los pagos por servicio de agua potable.

## **Centro Internacional de Demostración y Capacitación para el Aprovechamiento de Agua de Lluvia (CIDECALLI)**

El Dr. Manuel Anaya Garduño, Coordinador del Colegio de Postgraduados de Chapingo (COLPOS), ideó un sistema para cosechar el agua de lluvia a fin de resolver parcialmente el problema del agua potable. El sistema consiste en captar agua de lluvia en los techos, almacenarla en cisternas y dirigirla a una planta donde se purifica y envasa.

Después de que el Dr. Manuel Anaya asistiera a la Primera Conferencia Mundial de lucha contra la desertificación<sup>20</sup>, convocada por la ONU y celebrada en Nairobi, Kenia, surgió el proyecto de lo que hoy es el CIDECALLI: Centro Internacional de Demostración y Capacitación para el Aprovechamiento de Agua de Lluvia, una organización dedicada a llevar agua de lluvia potable a comunidades rurales.

El sistema de captación del CIDECALLI consta de las siguientes etapas; Captación, Prefiltración, Conducción, Almacenamiento, Conservación, Potabilización, Purificación, Embotellado y venta de envases de agua purificada. En la figura 24. se muestra el proceso de captación del CIDECALLI.



Figura 24. Proceso de captación de agua de lluvia del CIDECALLI.  
Fuente: Propuesta de plantas de potabilización y purificación de agua de lluvia – REMA  
([www.agua.org.mx/index.php](http://www.agua.org.mx/index.php))

El agua captada de los techos pasa a un sistema de conducción, prefiltración y separación de sólidos para hacerla llegar a una cisterna cerrada de geomembrana<sup>21</sup> de PVC<sup>22</sup>, un material no dañino que protege al líquido (Ver figura 24). Esta geomembrana tiene un peso por metro cuadrado de 1 a 2 kilogramos, su costo de instalación es de 180 a 280 pesos aproximadamente, cuenta con un techo flotante que almacena el volumen calculado de precipitación, con el propósito de cubrir la demanda de la población a beneficiar; dentro de la cisterna se dosifica cloro como conservador y germicida a fin de mantenerla bajo condiciones de higiene, después se succiona por medio de una pichancha flotante que permite siempre el abastecimiento con las mejores condiciones para hacerla llegar a la planta potabilizadora y al tren de purificación para su posterior embotellado.

<sup>20</sup> Desertificación: es la degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas. Naciones Unidas – Centro de Información, México, Cuba y República Dominicana.

<sup>21</sup> Son láminas flexibles fabricadas con resina de Cloruro de Polivinilo 100% vírgenes, aditivos y plastificante, cuya finalidad es la de impedir o prevenir el paso de fluidos.

<sup>22</sup> Policloruro de vinilo.

La cisterna cuenta con las siguientes dimensiones: 60 metros de largo, 25 metros de ancho y 3.5 metros de profundidad, en ella se almacenan 2 millones de litros. (Ver figura 25).



Figura 25. Cisterna de almacenamiento del sistema de captación del CIDECALLI

Del total del agua captada el 50% es suficiente para cubrir la demanda de agua purificada del Colegio de Postgraduados.

Una vez que el agua está almacenada en la cisterna y se le ha dado un tratamiento germicida, una bomba la impulsa hacia tres filtros de 20, 10 y 5 micras (milésimas de milímetro), que apartan lo que técnicamente se conoce como sólidos en suspensión; retiran el mal olor, color y sabor, y eliminan el excedente de cloro; el filtrado no puede limitarse a eliminar cosas por su tamaño. Por lo tanto, la siguiente etapa es eliminar las partículas vivas suspendidas en el agua que hayan sobrevivido al tratamiento inicial por medio de radiación ultravioleta. Se trata de ondas electromagnéticas para dañar los ácidos nucleicos de los microorganismos, haciéndoles absorber energía en cantidades tales que se destruye la estructura del ADN. Posteriormente el agua es tratada con ozono antes de ser envasado.

Cada cuarenta y cinco días se realizan análisis de tipo físico-químico para conocer la calidad del agua en la cisterna, la desinfección de la misma se realiza cada dos años. Su mantenimiento se realiza meses previos a la temporada de lluvias.

El proceso de purificación de agua de lluvia del CIDECALLI se ilustra en la figura 26.





Figura 26. Proceso de purificación del CIDECALLI – 1. Fuente de agua, 2. Equipo hidroneumático, 3. Filtro speedy, 4. Carbón activado, 5. Suavizador o salmuera, 6. Microfiltros pulidores, 7. Osmosis inversa, 8. Almacenamiento, 9. Equipo hidroneumático, 10. Esterilizador UV, 11. Generador de ozono, 12. Lavadores de garrafontes, 13. Llenador de garrafontes.

Fuente: CIDECALLI

### 1.6.3 Construcciones sustentables desde el inicio

El establecer sistemas de captación pluvial en edificios nuevos es aún más fácil. En los cimientos de la construcción, aprovechando la excavación, es relativamente sencillo y de bajo costo colocar una cisterna para aguas pluviales, además de la que generalmente se construye para aguas municipales. En enero del 2004 se le presentó al Sistemas de Aguas del Distrito Federal, el organismo de la localidad, una propuesta piloto para edificios en condominio que incluirían la captación y reutilización pluvial desde sus inicios. La propuesta fue impulsada por IRRI-México (Instituto Internacional de Recursos Renovables, por sus siglas en inglés) y un grupo de arquitectos. La idea principal era colocar medidores especiales para el agua pluvial y restar de la factura la cantidad recolectada. Esto traería grandes beneficios a los usuarios, además de un estímulo económico al establecer dichos sistemas.

Este tipo de iniciativas, diseñadas cuidadosamente, pueden tener un enorme impacto positivo sobre el abasto de agua, al reducir la dependencia de fuentes externas (por tanto, ahorrando energía de bombeo) y creando una solución parcial al problema de las inundaciones ante fuertes temporales. El agua que se recolecta en las cisternas es un caudal que se está dejando de enviar al drenaje, al menos durante la tormenta, lo cual alivia a las redes de descarga y permite que trabajen mejor sin saturarse.

Un ejemplo es el centro comercial Parque Tezontle, inaugurado en el año de 2007 en la delegación Iztapalapa. Es un proyecto sustentable, que cuenta con una planta de tratamiento de agua y almacenamiento de agua de lluvia, y pavimento de concreto permeable. Su superficie es de 180,000 metros cuadrados.

## 1.6.4 Proyectos pilotos: PNUMA y SEMARNAT

Edificios como las oficinas del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el edificio sede de la SEMARNAT, han implementado sistemas de captación pluvial que trabajan en cada época de lluvia, recogiendo y almacenando las aguas que caen sobre las azoteas que luego de pasar por un sistema de filtración y purificación, éstas son reinyectadas a los tinacos convencionales de suministro, mezclándose con las aguas de la red municipal, disminuyendo considerablemente el consumo.

Se ha calculado que si los sistemas con los que cuentan en estos edificios se implementaran en todas las escuelas del Distrito Federal el ahorro sería de 6.4 millones de litros de agua por día, durante la temporada pluvial.<sup>23</sup> De implementarse en todos los edificios públicos y universidades de la ciudad, es posible extrapolar el gran beneficio que esto representaría.

En México existen varias iniciativas para promover el uso del agua pluvial, tanto en entornos rurales como urbanos. Recientemente se creó la Red de Captación de Aguas de Lluvia (Recall), que integra a varias organizaciones nacionales para intentar promover políticas públicas e iniciativas que impulsen la recolección pluvial. Esta red se suma a otros esfuerzos desde hace varios años que han sido promovidos regionalmente. El PNUMA, por ejemplo, ha publicado una serie de manuales con instrucciones y recomendaciones para diseñar sistemas de captación pluvial, adaptados al entorno urbano o rural (PNUMA, 2008).

## 1.6.5 Programa de Manejo Uso y Reúso del Agua en la UNAM (PUMAGUA)

La UNAM en respuesta a la crisis hídrica crea el programa Red del Agua UNAM (RAUNAM), en el se encuentran el Programa de Manejo Uso y Reuso del Agua en la UNAM (PUMAGUA).

PUMAGUA fue establecido en 2008, por mandato del Consejo Universitario y con el apoyo del Rector de la UNAM. Sus metas son las siguientes: (1) disminuir en 50% el consumo de agua potable; (2) mejorar la calidad del agua potable y residual tratada para cumplir con las normas respectivas; (3) involucrar a toda la comunidad universitaria.

El presente trabajo de tesis, pretende contribuir al logro de los objetivos de dicho programa a través de la propuesta de implementación para un sistema de captación de agua pluvial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, enfocándose a tres edificios que componen parcialmente a esta entidad (ver figura 5), estos son:

---

<sup>23</sup> Iván Sosa, "Ayuda la lluvia al autoabasto", Reforma, Ciudad, 4 de abril de 2004.

- Edificios **G** y **H**: Laboratorios de Ciencias Básicas.
- Edificio **L**: Biblioteca Enrique Rivero Borrell.
- Edificio **O**: Centro de Diseño Mecánico y de Innovación Tecnológica (CDMIT), laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez.

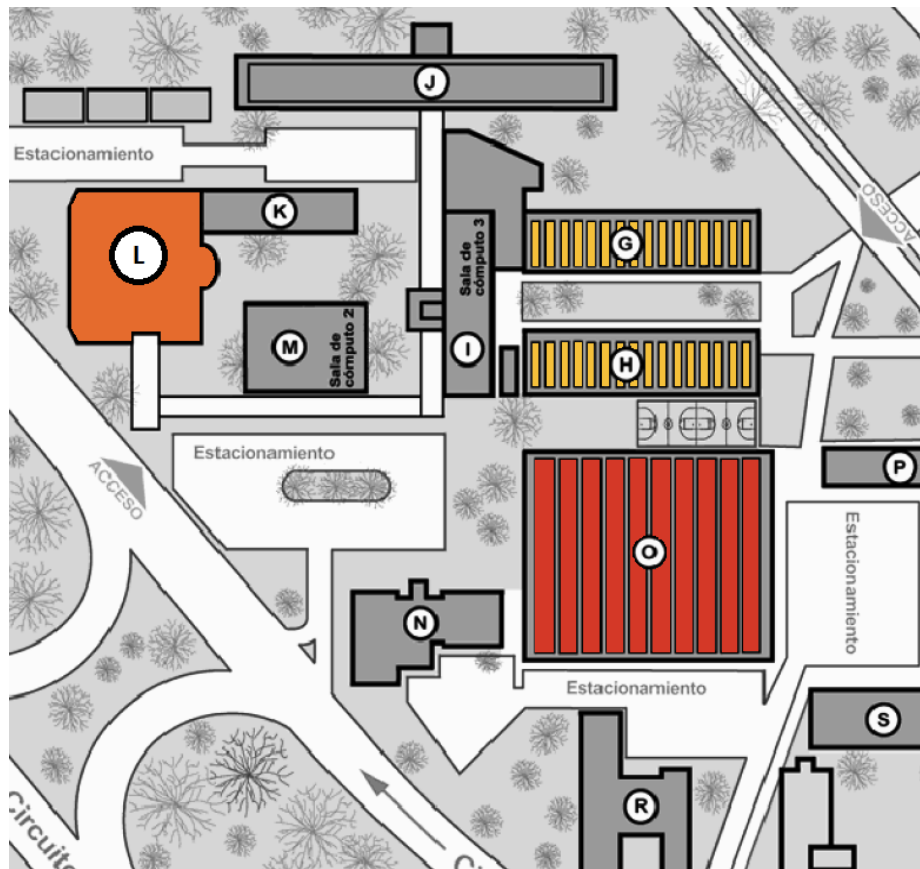


Figura 27. Mapa del conjunto sur (División de Ciencias Básicas y Posgrado). Facultad de Ingeniería UNAM.

El objetivo es desarrollar la propuesta metodológica para la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia en dichos edificios para apoyar a los objetivos establecidos por el programa PUMAGUA.



## 2 Fuentes de abastecimiento y de captación en Ciudad Universitaria

El abastecimiento de agua potable requiere una planeación en la que se desarrollen diseños, desarrollar soluciones de menor costo, utilización de los recursos disponibles y tecnologías apropiadas.

Actualmente la oferta de agua que hay en Ciudad Universitaria se realiza por medio de tres pozos que abastecen en promedio 170 litros por segundo. Los pozos se encuentran ubicados en Facultad de Química, Multifamiliar y Vivero Alto.

El sistema de pozos opera generalmente de la siguiente manera:

- a) El suministro en la zona cultural se obtiene directamente del pozo Vivero Alto, y el agua restante se bombea al tanque Vivero Alto;
- b) La zona central o casco viejo se abastece del tanque bajo, el cual a su vez recibe el agua del pozo multifamiliar, y
- c) Algunos días del mes se utiliza el pozo de Química para evitar su inactividad y posible contaminación; el agua se envía al tanque bajo, de donde se bombea hacia el tanque alto, a partir del cual se abastece la zona del estadio.

La red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria está integrada por cerca de 54 Km. de tubería de muy diversos diámetros y materiales, como lo son el acero, asbesto, fierro fundido, PVC y PEAD (polietileno de alta densidad). En la Tabla 9 se observa el porcentaje de cada material.

Material	Longitud [m]	[%]
Acero	25610	47.81
Asbesto	11785	22
Fierro fundido	9623	17.96
PEAD	750	1.40
PVC	5802	10.83
Total		100

Tabla 9. Tipos y cantidad de tuberías utilizados en Ciudad Universitaria.  
Fuente: Anexo balance hidráulico UNAM, referentes al informe de avances PUMAGUA 2009

## 2.1 Sector Hidráulico 3<sup>24</sup>

Este sector cuenta con 10 545 m de tubería, de los cuales 40% corresponden a tubería de acero, 25% a hierro fundido y 35% a asbesto. La tubería rebasa los 50 años de edad, fundamentalmente la de acero y hierro fundido; la edad de la tubería de asbesto rebasa los 25 años. Se estima que los usuarios en este sector demandan hasta 8.10 lps<sup>25</sup> de agua. La presión media es de 45 metros de columna de agua o 4.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

El modo y la cantidad de agua utilizadas por las diferentes dependencias cambia en relación con las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones de cada una de ellas; por ejemplo, una dependencia de tipo administrativo utiliza el agua en modo muy diferente a una dependencia de tipo académico. Estas divergencias en cuanto a la forma y cantidad de agua fundamentan lo que se ha convenido denominar “tipo de usuario”. Un tipo de usuario se describe como la actividad a la cual está dedicada una dependencia universitaria, o bien, en la cual muestra una mayor tendencia. PUMAGUA ha definido cinco tipos de usuario con fines meramente de clasificación y análisis, todos ellos presentes en CU:

Clasificación	Tipo de usuario
Académico	A
Investigación	B
Cultural	C
Administrativo	D
Servicios	E

En la tabla 10, se muestra el consumo de agua en la zona en el periodo del 2006 al 2008.

MES	2006				2007				2008			
	Química (m <sup>3</sup> )	Multifamiliar (m <sup>3</sup> )	Vivero Alto (m <sup>3</sup> )	Promedio	Química (m <sup>3</sup> )	Multifamiliar (m <sup>3</sup> )	Vivero Alto (m <sup>3</sup> )	Promedio	Química (m <sup>3</sup> )	Multifamiliar (m <sup>3</sup> )	Vivero Alto (m <sup>3</sup> )	Promedio
ENERO	76,629.00	144,880.00	80,567.00	100,692.00	17,176.00	115,285.00	64,913.00	65,791.33	18,573.00	185,823.00	62,428.00	88,941.33
FEBRERO	80,761.00	146,863.00	69,157.00	98,927.00	18,194.00	114,245.00	55,084.00	62,507.67	14,415.00	197,495.00	59,941.00	90,617.00
MARZO	80,591.00	152,246.00	93,194.00	108,677.00	18,613.00	133,863.00	64,631.00	72,369.00	11,431.00	203,655.00	69,031.00	94,705.67
ABRIL	65,576.00	106,242.00	89,126.00	86,981.33	18,436.00	123,741.00	62,620.00	68,265.67	14,170.00	198,743.00	68,334.00	93,749.00
MAYO	55,556.00	139,159.00	51,178.00	81,964.33	18,006.00	109,576.00	53,214.00	60,265.33	22,920.00	174,779.00	65,990.00	87,896.33
JUNIO	43,517.00	135,417.00	55,384.00	78,106.00	20,373.00	83,294.00	50,245.00	51,304.00	17,603.00	157,613.00	45,983.00	73,733.00
JULIO	44,769.00	80,567.00	64,455.00	63,263.67	73,400.00	28,117.00	65,631.00	55,716.00	22,281.00	128,690.00	42,729.00	64,566.67
AGOSTO	39,745.00	132,990.00	50,501.00	74,412.00	4,462.00	157,385.00	50,936.00	70,927.67	17,722.00	152,788.00	41,879.00	70,796.33
SEPTIEMBRE	43,014.00	132,575.00	51,499.00	75,696.00	70,106.33	156,334.00	53,985.00	93,475.11	21,598.00	143,022.00	40,881.00	68,500.33
OCTUBRE	53,990.00	102,605.00	55,714.00	70,769.67	53,990.00	129,688.00	54,018.00	79,232.00	28,623.00	162,707.00	50,649.00	80,659.67
NOVIEMBRE	48,508.00	128,902.00	58,735.00	78,715.00	20,980.00	166,076.00	62,972.00	83,342.67	30,953.00	175,962.00	57,606.00	86,173.67
DICIEMBRE	23,029.00	80,399.00	59,204.00	54,210.67	16,236.00	146,602.00	45,832.00	69,556.67	44,046.00	113,811.00	69,179.00	75,678.67
<b>TOTAL</b>	<b>655,685.00</b>	<b>1,482,845.00</b>	<b>778,714.00</b>	<b>2,917,244.00</b>	<b>349,972.33</b>	<b>1,464,206.00</b>	<b>684,081.00</b>	<b>2,498,259.33</b>	<b>264,335.00</b>	<b>1,995,088.00</b>	<b>674,630.00</b>	<b>2,934,053.00</b>
<b>USO</b>	<b>22.48%</b>	<b>50.83%</b>	<b>26.69%</b>	<b>100%</b>	<b>14.01%</b>	<b>58.61%</b>	<b>27.38%</b>	<b>100.00%</b>	<b>9.01%</b>	<b>68.00%</b>	<b>22.99%</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 10. Extracción de agua en los pozos durante 2006 al 2008

Fuente: PUMAGUA avances 2009 DGOyC. UNAM

<sup>24</sup> Datos tomados del Anexo balance hidráulico UNAM, referentes al informe de avances PUMAGUA 2009

<sup>25</sup> Litros por segundo

## 2.2 Características de los edificios de interés

### **Edificios G y H: Laboratorios de Ciencias Básicas**

Éstos edificios pertenecen al conjunto sur de la Facultad de Ingeniería, están destinados a la docencia de forma práctica. En el edificio G se imparten los laboratorios de Mecánica, Electricidad y Termodinámica.

En el edificio H se encuentran los laboratorios de Química, Principios de Termodinámica y Electromagnetismo, Laboratorio de Física Experimental, Acústica y Óptica.

### **Edificio L: Biblioteca Enrique Rivero Borrell**

Este edificio está distribuido en cuatro niveles, cuenta con un espacio total de 3,900 m<sup>2</sup>. En el primer nivel se encuentra el vestíbulo de acceso y la sala de exposiciones; el segundo, tercero y cuarto nivel se encuentran las áreas de trabajo en grupo, cubículos individuales, así como los servicios de información para consulta automatizada y el acervo bibliográfico.

### **Edificio O: Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez.**

El edificio "Ingeniero Alberto Camacho Sánchez" está destinado a la docencia e investigación, tanto de forma práctica (en los laboratorios y talleres) como teórica (en los salones de clases). Este edificio alberga en su interior las siguientes instalaciones:

- Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT).
- Unidad de Investigación y Asistencia Técnica en Materiales (UDIATEM).
- Laboratorio de Manufactura Avanzada.
- Laboratorio de Metalografía.
- Laboratorio de Biomecánica.
- Laboratorio de Ingeniería Mecánica Asistido por Computadora.
- Laboratorio de Instrumentación y Control.
- Laboratorio de Mediciones Mecánicas.
- Laboratorio de Neumática y PLC'S.
- Laboratorio de Análisis de Máquinas y Mecanismos.
- Laboratorio de Diseño.
- Laboratorio de Diseño Mecatrónico.
- Talleres de Manufactura.

## 2.3 Tipos de uso del agua en cada edificio

Actualmente se definen los siguientes tipos de uso del agua dentro de Ciudad Universitaria.

Tipos de consumo:

- Aguas de uso doméstico: residencias universitarias.
- Aguas para uso docente: agua para laboratorios, baños, cafeterías, edificios de uso administrativo.
- Agua para laboratorios de investigación.
- Agua para riego.

Con base a lo anterior definimos el tipo de consumo para los edificios de interés.

- Edificio G y H: Aguas para uso docente (laboratorios, baños e investigación).
- Edificio L: Aguas para uso docente (Edificio de uso administrativo, baños).
- Edificio O: (Edificio de uso administrativo, laboratorios de investigación, baños).

### 2.3.1 Análisis FODA

El análisis FODA, es una herramienta que permite trabajar con toda la información que se posee. Este tipo de análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares y el entorno en que se desarrolla. En este caso en particular es esencial conocer los puntos débiles del sistema de captación para poder tomar medidas necesarias para minimizarlos además de no descuidar las fortalezas del sistema.

FODA - Sistemas de Captación Pluvial	
Fortalezas	Oportunidades
Aprovechamiento de recursos no utilizados	El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades que no requieran de su consumo.
Bajo costo de materiales y accesorios	Reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso, ya sea en sanitarios, para lavar superficies, riego de jardines o cultivos, entre otras posibilidades
Materiales de larga duración	Recargar los acuíferos abatidos
Gran variedad de materiales para la construcción (Concreto, Acero, Polímeros, Madera, etc.)	Conservación de las reservas de agua potable (ríos, lagos, humedales)
Una alta gama de formas de sistemas de conducción y almacenamiento	Fomentar una cultura de conservación y uso óptimo del agua
Sistema flexible para ajustarse a las necesidades y posibilidades físicas y financieras de los usuarios.	Disminuir el volumen de agua lluvia que entra al sistema de drenaje combinado (sanitario y pluvial), evitando que se sature y reduciendo las inundaciones y el volumen de descargas de aguas negras. Aumentando su disponibilidad para otros usos.
	Reducir la utilización de energía y de químicos necesarios para tratar el agua de lluvia en la ciudad, disminuyendo también el gasto que genera mover y tratar el agua negra del drenaje a distancias lejanas.
	Aminorar el volumen de agua potable usada en aplicaciones no potables (sanitarios) o de consumo humano (regar áreas verdes).
Debilidades	Amenazas
La cantidad de agua recolectada depende directamente del tamaño de la superficie de captación.	Deterioro de las instalaciones por condiciones naturales
La instalación de sistemas adecuados representa una inversión inicial y amortizarse a mediano plazo	Escasa cultura de conservación y uso óptimo del agua
Se debe tener cuidado con posible contaminación del agua por materia orgánica o animales, razón por debe pasar por un proceso de limpieza antes de ser almacenada en un lugar seguro y bien cerrado.	Inestabilidad en los precios de materias primas en el mercado
Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos	Dependencia directa de la cantidad de precipitación presentada en la zona
	Permisos para la construcción de éstos sistemas en la Facultad de Ingeniería

La matriz anterior nos proporciona un diagnóstico general de los beneficios que se obtendrán de la implementación de sistemas de captación pluvial, de los cuáles destacan, la recarga de acuíferos sobreexplotados y conservación de las reservas de agua potable; en el plano económico, se reducen las tarifas de pago por servicios de agua potable, tal como sucede en el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.

Además al captar parte de las precipitaciones pluviales se evitaría que éstas entren al sistema de drenaje, lo cual evitaría que se saturen y por tanto, los riesgos de inundaciones disminuirían.

## 2.4 Geometría del área útil de captación

Se obtuvieron las medidas de la superficie de cada uno de los edificios propuestos, obteniendo los siguientes resultados.

Edificio L: Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

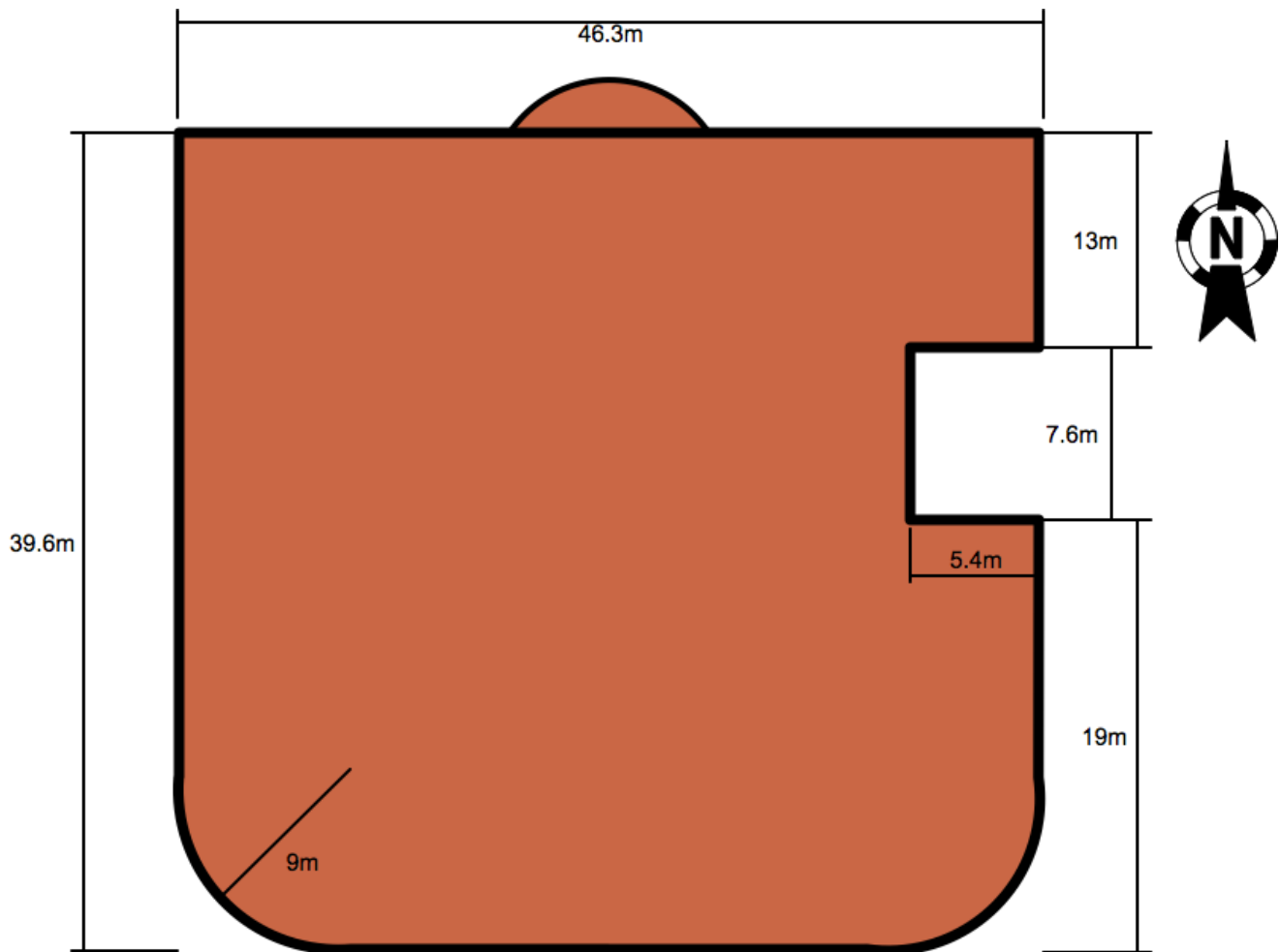


Figura 28. Superficie de captación Biblioteca Enrique Rivero Borrell

Área total de captación: 1,757 m<sup>2</sup>

Edificio O. Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez

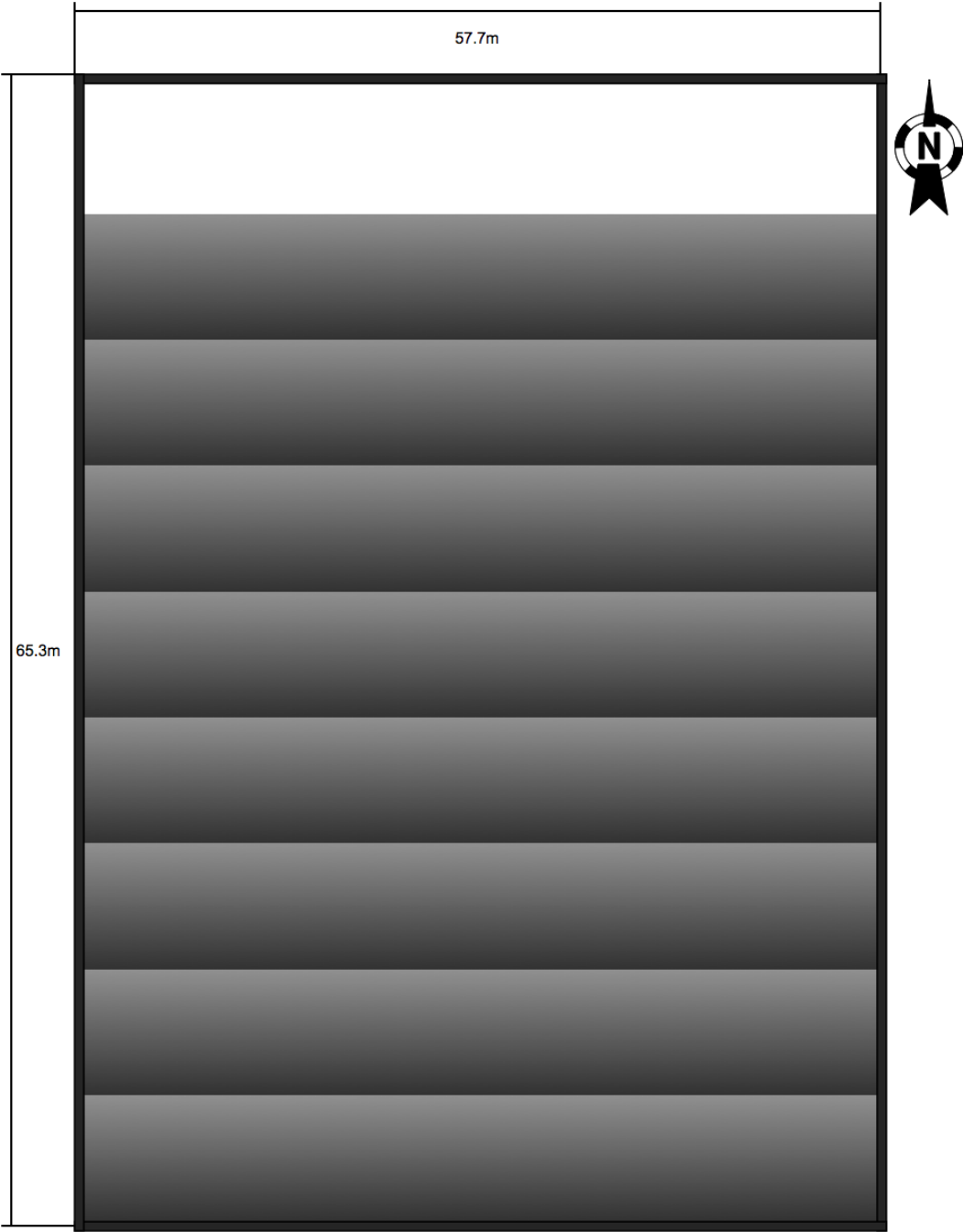


Figura 29. Superficie de captación de los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez

Área total de captación: 3,767.81 m<sup>2</sup>



## Edificio G-H. Geometría de la superficie de captación de los laboratorios de Ciencias Básicas

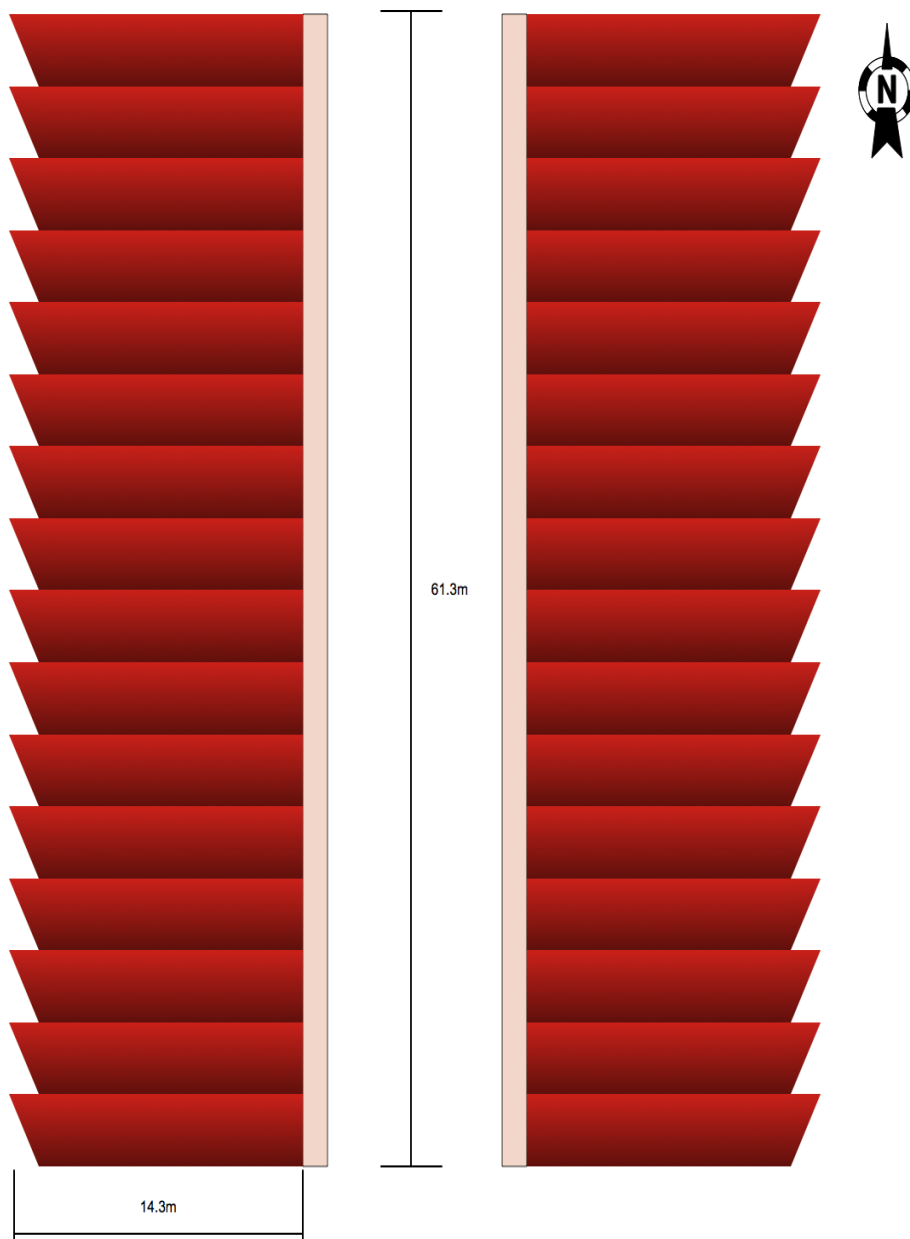


Figura 30. Superficie de captación de los laboratorios de Ciencias Básicas.

Área total de captación\*: 1,623.92 m<sup>2</sup>

\*El área total corresponde a la suma de los dos edificios.

## 2.5 Material de la superficie

La azotea de la biblioteca Enrique Rivero Borrell esta recubierta por impermeabilizante asfáltico<sup>26</sup> con una textura de gravilla, ver figura 31 y figura 32.

Cuenta con 19 coladeras, cada una con una tubería de 5" de diámetro.



Figura 31 y 32. Tipo de impermeabilizante de la biblioteca Enrique Rivero Borrell.

<sup>26</sup> Es un recubrimiento impermeable a partir de asfaltos modificados con polímeros sintéticos en solventes seleccionados, que actúa desplazando el agua en superficies húmedas.

La azotea de los edificios G y H están recubiertas por impermeabilizante asfáltico con textura de gravilla, cada edificio cuenta con 16 coladeras.

El techo del edificio O esta conformado por láminas acrílicas y de asbesto, con una forma de diente de sierra, la textura de estas láminas es de tipo fibroso, ya que las láminas acrílicas tienen la fibra expuesta.

## 2.6 Elementos y características de un captador

Los sistemas de captación de agua de lluvia están conformados por una gran variedad de elementos, según sea el uso final, serán los elementos que la conformarán. Los elementos básicos que conforman este sistema son:

- a) Área de captación.
- b) Sistema de filtrado.
- c) Sistema de conducción.
- d) Sedimentador.
- e) Sistema de almacenamiento.
- f) Sistema de bombeo.

### 2.6.1 Conducción del agua

El agua captada en la superficie debe ser conducida al sistema de almacenamiento a través de canaletas o tubería de PVC.

Las tuberías deben contar con las dimensiones necesarias para conducir el caudal máximo en el tiempo de concentración máximo.

Si la pendiente del sistema de conducción rebasa los  $10^\circ$  es necesario contar con un sedimentador o trampa de sólidos para evitar que contaminen los tanques de almacenamiento, dicha trampa también almacenara el agua de las primeras lluvias, ya que son estas las que “lavan” la superficie y arrastran los contaminantes que se han depositado en ésta.

### 2.6.2 Filtros

El diseño del sistema de filtros esta en función del uso que se le dará al agua captada con respecto a las necesidades de cada instalación.

Un elemento muy importante es la prefiltración de elementos nocivos para el almacenamiento del agua, por ejemplo piedras, hojas de árboles y desechos orgánicos. Para evitar el flujo de esos elementos se requiere instalar trampas que impidan su paso hacia las tuberías y depósitos. Estas trampas deben colocarse de modo accesible para que los usuarios puedan retirarlas con frecuencia y limpiarlas.

La filtración del agua se hace en distintas etapas, cada una va eliminando las partículas de mayor a menor tamaño, dependiendo la calidad del agua captada se puede comenzar con filtros de arena, carbón activado, luz ultravioleta y osmosis inversa.

La ubicación de las cisternas de cada edificio se muestra en la figura 33.

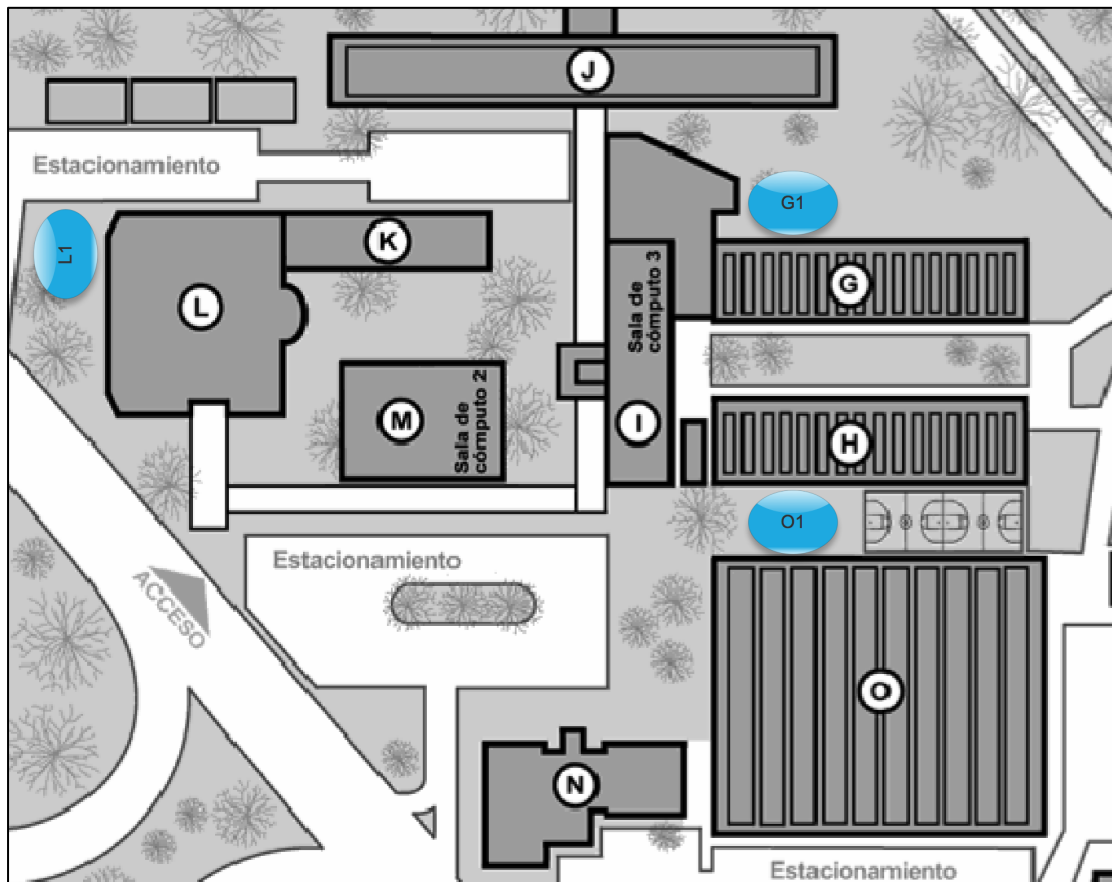


Figura 33. Ubicación de Cisternas<sup>27</sup>

El proceso de filtrado del agua de lluvia puede tener diferentes finalidades. Si el agua de lluvia se requiere para el consumo humano directo (para beber y actividades de higiene personal) este proceso requerirá de mayor sofisticación, ya que se tratará de una actividad de potabilización del agua.

Por otro lado, si lo que se requiere es un uso del agua de lluvia para satisfacer actividades domésticas (lavado de ropa, el desalojo de desechos en baños, la limpieza de pisos o el riego), entonces la calidad del agua no requiere el grado de potabilidad y por lo tanto el filtrado no requiere un proceso extremo en exigencia.

<sup>27</sup> las áreas iluminadas de color azul corresponden a las zonas en las que se proponen la construcción de las cisternas de almacenamiento para cada edificio.

## 2.6.3 Bombas

Antes de hablar de los tipos de bombas de agua, se debe saber una serie de características y aspectos muy importantes para mantenerlas en perfecto estado. Las bombas de agua no son económicas, por lo tanto no se debe de permitir que trabaje forzada, si se permite que trabaje en estas condiciones es posible que ésta se caliente y se fracture o sufra algún problema; así que se tiene que estar atento en ese aspecto y otros.

¿Qué es una bomba?

Es una máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos “volumétricas” y “turbo-bombas”. Todas constan de un orificio de entrada (de aspiración) y otro de salida (de impulsión).

Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen. Es el caso de las bombas de émbolo. Las turbobombas<sup>28</sup> poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del agua. Este elemento “rotor” se denomina “rodete” y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas.

Hay muchos tipos de bombas de agua, cada uno sirviendo a un propósito especial en un hogar o negocio. Todas las bombas de agua, sin embargo, son responsables de mover el agua de una manera u otra.

El tamaño de la casa, almacén, edificio, el número de baños y lavabos que contienen son consideración importante al decidir qué bomba se empleará. Si se cuentan con muchas salidas de agua, o si la bomba del agua se encuentra a gran distancia del cuarto de baño, fregadero, será necesario una de mayor potencia.

El empleo de bombas es uno de los puntos más importantes y de mayor relevancia a la hora de diseñar un tratamiento, ya que en función del tipo de bomba y el modelo elegido, la instalación de proceso tendrá un comportamiento diferente. En el mercado se encuentran un amplio catálogo de bombas para que pueda escoger el modelo que más se adapte a las necesidades.

A la hora de la selección de una bomba hay diversos aspectos a considerar:

- Caudal.
- Tipo de agua a tratar (agua limpia, agresiva, con arenas y elementos gruesos, etc.).
- Distancia (pérdidas de carga).
- Dimensiones de las tuberías instaladas (en su caso).
- Fluido que se quiere bombear.

---

<sup>28</sup> Comúnmente llamadas bomba, agrega energía a un sistema con el resultado de que la presión se incrementa; también hace que el flujo suceda e incrementa la velocidad del fluido. C. POTTER MERLE, C. WIGGERT DAVID. Mecánica de Fluidos, Tercera edición, Pp. 530.

## 2.6.4 Almacenamiento

Las cisternas de almacenamiento juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico; así como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento.

Las cisternas de almacenamiento cumple varios propósitos fundamentales:

- 1) Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- 2) Mantener las presiones adecuadas en la red de distribución.
- 3) Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencias tales como incendios e interrupciones por daños de tuberías.
- 4) Obtener agua en cualquier mes del año.

### Tipos de cisternas

Las cisternas de almacenamiento pueden ser construidos directamente sobre el suelo (superficiales) o sobre torres (elevados). Cualquiera que sea el tipo de almacenamiento, deberá cercarse adecuadamente para prevenir que cualquier contaminación proveniente de los humanos o animales, hojas, polvo u otros contaminantes, ingrese al contenedor de almacenamiento.

Una cubierta hermética asegura condiciones de oscuridad en el almacenamiento, de tal forma que así se evita el crecimiento de algas y la reproducción de larvas de mosquito. Por lo general los recipientes abiertos o estanques de almacenamiento no son apropiados como fuentes de agua para beber.

### Cisternas superficiales

Se recomienda este tipo de almacenamiento cuando lo permite la topografía del terreno, asegurando las presiones adecuadas en todos los puntos de la red. Las instalaciones de almacenamiento bajo tierra tienen la ventaja general de ser fresca y prácticamente no sufren pérdidas de agua por evaporación. También puede haber un ahorro en el espacio.

### Cisternas elevadas

Se recomienda este sistema de almacenamiento cuando por razones de servicios se requiera elevarlos. Las cisternas elevadas se construyen de acuerdo a los requerimientos y características del proyecto.

Los materiales utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento superficial o elevado son variados, pueden ser los siguientes:



- Plásticos: fibra de vidrio, polietileno y PVC.
- Metales: barril de acero (se corroe y oxida), tanques de acero galvanizado (se corroe y oxida).
- Concreto: ferrocemento<sup>29</sup> (se fractura), piedra (de difícil mantenimiento) y bloque de concreto (se agrieta).
- Madera: madera roja, abeto y ciprés (es eficiente pero cara).

Las cisternas de almacenamiento se pueden construir con materiales comunes de construcción o prefabricadas (de gran capacidad de almacenaje) de materiales plásticos (geomembranas), pero siempre se deberán tener las siguientes características:

- Debe ser opaca y de preferencia no le debe dar los rayos de sol directamente.
- Para cisternas de agua potable, es necesario que no esté pintada barnizada con materiales tóxicos.
- La cisterna / tanque plástico (tinaco) debe taparse, para evitar mosquitos y polvo, hojas, basura y para mantener a los niños a salvo de algún accidente.
- Debe poder limpiarse fácilmente.

Para la selección y el tipo de cisterna a ser construida deberán de tomarse en cuenta los siguientes factores importantes:

a) Propósito

El propósito de la cisterna, y el uso del agua (beber, bañarse, cocinar, riego de áreas verdes, etc.). Si se espera que el agua de lluvia sea la única fuente para todas las necesidades, la cisterna deberá ser diseñada para aguantar un volumen de agua suficiente para satisfacer esas necesidades a través del año.

b) Materiales

Se deberán seleccionar los materiales más adecuados para el almacenamiento del líquido.

c) Normas

Los reglamentos y códigos de construcción locales también deben ser consultados y aplicados.

Las cisternas de almacenamiento no tienen ninguna forma en especial: la mayoría son de forma circular o rectangular, pero la forma de las cisternas puede variar de manera dramática. Los materiales utilizados en su construcción incluyen metal, acero reforzado, cemento, arcilla, polietileno o fibra de vidrio. Algunas características de las cisternas son:

---

<sup>29</sup> Es un material compuesto de hormigón y mallas de alambre, de poco peso y gran resistencia.



- No tienen un tamaño específico: pueden variar en sus dimensiones y capacidades de almacenamiento.
- No tienen una ubicación especial: puede ubicarse al lado de la estructura, por encima del nivel del suelo, sobre el techo o hasta puede estar integrada a los cimientos de la casa.
- No tienen un costo específico: el verdadero costo de la cisterna depende de su tamaño, los materiales usados en su construcción, el costo de la mano de obra utilizada.

El sistema de almacenamiento es uno de los principales componentes del sistema de captación. El sistema de almacenamiento deberá de tener las dimensiones y la capacidad requerida, pero también se debe de tomar en cuenta el espacio que se tiene disponible para su instalación.

Otro factor para tomar en cuenta al elegir entre una cisterna prefabricada y una construida en el sitio son: la vida útil de cada una, mantenimiento, numero de tinacos necesarios para cubrir el volumen requerido del sistema, entre otras.

Dadas las características de los edificios en estudio el sistema de almacenamiento que más se ajusta a sus requerimientos es la construcción de una cisterna ya que esta ofrece una vida útil mayor y su mantenimiento es más sencillo y económico. Tal como se muestra en el diseño mostrado más adelante.

## 2.6.5 Mantenimiento

Principios de mantenimiento<sup>30</sup>

El mantenimiento es esencial para una operación óptima del sistema de captación de agua pluvial. En un sistema de captación de agua, el mantenimiento puede considerarse de dos tipos:

- a) Mantenimiento preventivo: conjunto de actividades, recursos y ayudas programadas para identificar o prevenir defectos, reemplazar rutinariamente elementos fungibles, registrar e informar daños mayores en la planta de tratamiento y para conservarla, por lo menos, durante su vida económicamente útil.
- b) Mantenimiento correctivo: conjunto de actividades, recursos y ayudas, destinados a reparar defectos y daños para establecer la producción normal de la planta de tratamiento.

---

<sup>30</sup> Jairo Alberto Romero Rojas. Purificación del agua. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda edición. Colombia 2006. P 294.

Entre los principales factores a considerar para un mantenimiento satisfactorio, se tienen los siguientes:

- La responsabilidad del mantenimiento debe definirse claramente y asignarse a personal competente.
- Los recursos financieros deben definirse con la claridad y asegurar su disponibilidad oportuna.
- Contar con el tipo y cantidad de herramientas, repuestos y equipos apropiados para proveer el mantenimiento.
- Todas las actividades de mantenimiento preventivo se deben planear y programar.
- Tener un sistema de control y registro apropiado de las labores de mantenimiento.

Las variaciones climáticas, la contaminación y otros factores han convertido al agua potable en un recurso cada vez máspreciado. Cada día se hace más necesario disponer de fuentes de almacenamiento, reutilización y por supuesto ahorro de la misma.

En ocasiones, aunque el agua reúne las condiciones de potabilidad, al ingresar al sistema de distribución puede deteriorarse antes de llegar al hogar, laboratorios, edificios, etc., tanto por la contaminación de tuberías y otros componentes de ese sistema como por el manejo dentro de cada casa, lo que puede agravarse por el almacenamiento en cisternas, tanques u otros depósitos que no se encuentren en óptimas condiciones.

Para conservar el agua de las cisternas en óptimo estado es necesario hacer una revisión y desinfección de los tanques cada seis meses aproximadamente.

En la actualidad se cuenta con los tanques de plástico o acero inoxidable que requieren menos mantenimiento, debido a que sus paredes son muy lisas, evitan la acumulación de sarro y suciedad; así como el desarrollo de microorganismos.

### **Desinfección de tanques**

Para una buena limpieza de la cisterna se deberá vaciarla parcialmente, dejando una cierta cantidad de agua que nos permita lavar el fondo, paredes y techo, utilizando para ello cepillo y agua con cloro.

En lugares en donde se construyen las cisternas bajo tierra, se debe tener un cuidado especial para prevenir el ingreso de polvo, arena, hojas, insectos u otros contaminantes.

Durante el almacenamiento, la calidad del agua pluvial recolectada, se puede deteriorar a través de la putrefacción de material orgánico en el agua o a través del crecimiento de bacterias y otros microorganismos por lo cual es importante hermetizarlo.

La importancia que tiene un reconocimiento sanitario de las fuentes de agua no debe menospreciarse. El reconocimiento sanitario debe incluir la localización de cualquier riesgo contra la salud y la evaluación de su importancia presente y futura.

El mantenimiento de un sistema de recolección de agua de lluvia puede ser sencillo, pero es necesario llevarlo a cabo sobre todo cuando empieza la temporada de lluvias o de preferencia desde unos días antes.

Se debe revisar todos los componentes del sistema sin excepción alguna, desde el área de captación o techo, hasta los contenedores del agua, pasando por las canaletas, tuberías, los prefiltros y los filtros, así mismo se deberá revisar el correcto funcionamiento de las bombas.

En su caso será necesario limpiar todos los componentes del sistema de captación (barrerlos, limpiarlos, lavarlos, repararlos o sustituirlos) retirando los materiales que puedan obstruir y los que puedan alterar la calidad del agua, sobre todo en las áreas de captación y las canaletas que durante un tiempo no han recibido la lluvia y que lo más seguro es que se llenen de polvo, hojas de árboles u otros materiales. También se deberá revisar que en estas áreas no se tengan grietas o filtraciones, para evitar pérdidas de agua y daños a las edificaciones.

La limpieza y reparación se deberá efectuar al principio de la temporada de lluvia, y se sugiere realizar las siguientes acciones:

- Limpiar la superficie donde el agua será captada.
- Limpiar los canales y tuberías.
- Limpiar los sedimentadores, trampas de sólidos y cisterna por lo menos una vez al año.

Para el monitoreo y mantenimiento, se sugiere tomar en cuenta las siguientes actividades:

- Monitorear los niveles de agua de la cisterna.
- Reparar posibles goteras que aparezcan durante la temporada de lluvia en techos con materiales adecuados.
- Monitorear periódicamente que el agua fluya sin problemas por los canales o tuberías, reparando posibles daños en ellas.
- Revisar periódicamente los prefiltros (mallas o coladeras que retienen hojas y sólidos mayores), limpiar o cambiar los filtros para el tratamiento del agua, con la regularidad que el fabricante propone.
- Revisar el correcto funcionamiento de las bombas.

## Mantenimiento del sistema de bombeo

Bajo el aspecto hidráulico y de funcionamiento, todas las bombas centrífugas de eje horizontal son iguales, las condiciones, exigencias para una buena instalación y su posterior mantenimiento son prácticamente las mismas. Esto significa una ventaja más para su mantenimiento ya que los conocimientos del personal encargado pueden ser mas simples y generales.

En la Tabla 11 se presenta una sugerencia en el mantenimiento que se deben de realizar al sistema de bombeo.

Periodo de mantenimiento	Trabajo para realizar	Materiales y repuestos indispensables
15 días	Chequeo y ajustes. Control externo y lubricación de cojinetes y rodamientos por aceite y grasa según el tipo. Reporte de vibraciones o estabilidad en el funcionamiento del equipo, y de las condiciones generales de trabajo.	Aceite. Grasa. Formularios.
4 meses	Cambio de grasa de los rodamientos. Cambio de aceite de los rodamientos, drenar el aceite usado y llenarlo nuevamente. Alineamientos de la unidad bomba-motor y ajuste de los pernos de anclaje. Cambio de empaques si fuera necesarios.	Aceite. Grasa. Empaques. Laminas (calzas) para nivelación. Pernos de repuesto.
1 año	Desmontaje completo de la bomba. Lavado y limpieza completa de todas las partes. Chequeo de desgastes del eje y reparación o cambio si fuera necesario. Chequeo de bujes, rodamientos, anillos, empaques, y aquellos elementos sujetos a desgastes, reparaciones o cambios si fuera necesario. Montaje, alineamiento y prueba completa de la unidad. Pintura. Chequeo de las condiciones técnicas de trabajo del equipo.	Ejes. Solventes. Pintura Bujes Anillos Rodamientos Empaques. Aceite Grasa Láminas (calzas) para nivelación. Barniz. Pernos de repuestos y tuercas. Empaque de válvulas. Compuertas de válvulas.

Tabla 11. Mantenimiento preventivo en bombas centrífugas de eje horizontal.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Ferreccio Nosiglia Antonio. Estaciones de bombeos, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua. Lima, Perú, Febrero de 1985. P 61.

En la tabla 12, se mencionan las fallas y sus posibles causas, así como las soluciones a los problemas más frecuentes que se presentan en el sistema de bombeo.

Falla	Causas posibles	Soluciones
Caudal de impulsión de la bomba demasiado reducido	La bomba no esta suficientemente llena.	Volver a llenar la bomba y las tuberías, y evacuar el aire cuidadosamente
	Obstrucción de la tubería de carga o del impulsor.	Limpiar la tubería de carga y en caso dado desmontar el impulsor
	Número de revoluciones demasiado bajo.	Si con el número de revoluciones máximo la bomba no suministra el caudal necesario podría bastar con el montaje de un impulsor mayor. En caso contrario hay que cambiar la bomba por otra de mayor potencia.
	Fuertes desgaste de las piezas interiores.	Abrir la bomba, controlar los juegos de las piezas sometidas a desgastes (anillos de junta e impulsores); en caso necesario cambiar las piezas.
Presión excesiva de la bomba	El número de revoluciones es demasiado alto.	Controlar exactamente la velocidad de giro. Si no es posible una reducción, es preciso rebajar el impulsor.
La cámara de agua no cierra bien	Los tornillos de fijación de la carcasa en espiral o la tapa de la bomba no están bien apretados.	Parar la bomba, dejarla sin presión y después de enfriarse apretar los tornillos.
	Los tornillos de fijación de la tapa del agua no están suficientemente apretados.	Desmontar la bomba de la silla soporte, apretar firmemente los tornillos de la tapa del agua: para mas seguridad se controlará la junta que esta entre la tapa del refrigerante.
La bomba se ha congelado	La bomba no esta protegida contra el frío	Proteger la bomba contra las heladas. En caso necesario vaciar la bomba completamente después de pararla.

Tabla 12. Causas de probables fallas y eliminación de las mismas en bombas centrífugas de eje horizontal.<sup>32</sup>

Para prevenir estos y otros problemas se requieren limpieza e inspección rutinarias, las rejillas deben de limpiarse a menudo. La frecuencia dependerá de las condiciones del lugar, generalmente la frecuencia será mayor en invierno.

El crecimiento de algas y película biológica sobre paredes del sedimentado es inevitable. Estos crecimientos pueden causar malos olores, así como taponamiento en los filtros. Dichos crecimientos se pueden controlar mediante la aplicación de una mezcla de 10 gramos de sulfato de cobre y 10 gramos de cal por litro de agua sobre las paredes, con cepillo, cuando los tanques estén vacíos.

<sup>32</sup> Ibid. P 62.

### 3 Datos necesarios para el proceso de implementación

“En todo el territorio nacional se tiene un promedio anual de lluvia de 1,500 Km<sup>3</sup> de agua. Si sólo se aprovechara el 3% de esa cantidad, se podría abastecer a 13 millones de mexicanos que actualmente no cuentan con agua potable; dar dos riegos de auxilio a 18 millones de hectáreas de temporal; abastecer a 50 millones de unidades animal y regar 100 mil hectáreas de invernadero.”(Dr. Manuel Anaya Garduño)<sup>33</sup>.

El agua no se encuentra en la naturaleza en estado puro. Según sea su origen, puede contener gran diversidad de sustancias. En el camino que el agua recorre desde su origen a su destino, a través del aire o del suelo se le adicionan sustancias tales como: ácidos, sales y compuestos orgánicos.

Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo. El agua que se evapora de los océanos y otras superficies de agua se puede precipitar en forma de lluvia, nieve y granizo. Parte de esta precipitación regresa a la superficie de agua y parte cae sobre la tierra. De esta última una parte es empleada por la vegetación, otro porcentaje se evapora, y la restante fluye hacia los océanos por conducto de corrientes de agua y lagos y el resto penetra en la tierra.

Las fuentes aprovechables de agua en el ciclo hidrológico pueden clasificarse como sigue:

- 1) Lluvia y nieve.
- 2) Agua de superficie:
  - a. Corrientes de agua
  - b. Lagunas y lagos naturales
  - c. Embalses
- 3) Aguas subterráneas:
  - a. Manantiales
  - b. Pozos poco profundos
  - c. Pozos profundos

#### Lluvia y nieve

El vapor de agua condensado en nubes o precipitado en forma de lluvia nieve es prácticamente puro en altitudes muy grandes. A medida que caen, la lluvia y la nieve absorben oxígeno, dióxido de carbono y otros gases del aire, así como polvo y vapores. La lluvia o la nieve recogen también las bacterias y las esporas vegetales que se encuentran en el aire.

---

<sup>33</sup> <http://www.aguaenmexico.org/images/pdf-optimizadas/Femke.pdf>

El agua de lluvia es suave, saturada de oxígeno, pero insípida y un poco corrosiva. La calidad esencialmente depende de la limpieza de la zona de recolección y de los sistemas de almacenamiento y distribución.

### **Aguas de superficie**

Cuando la lluvia cae sobre la tierra una parte fluye al océano, a las corrientes de agua, lagunas o lagos. En las regiones montañosas, la nieve se funde lentamente con el tiempo caluroso y de esta manera mantienen las corrientes de agua y afecta en el verano la calidad y cantidad.

La calidad del agua tomada en una superficie depende del área de la cuenca, de su geología y topografía, urbanización realizada por el hombre, de la época del año y las condiciones del tiempo. La calidad del agua en las corrientes es generalmente más variable y menos satisfactoria que la de las lagunas y lagos.

### **Aguas subterráneas**

Parte de la lluvia que se precipita sobre la superficie de la tierra se filtra en el suelo y se convierte en agua subterránea. Durante su paso, el agua entra en contacto con muchas sustancias tanto orgánicas como inorgánicas. Algunas de estas sustancias son fácilmente solubles en agua.

Bacterias y otros organismos vivientes en la superficie pueden ser absorbidos primero por la lluvia, pero la filtración en el subsuelo da por resultado la separación de estos organismos.

En general las aguas subterráneas son claras, frías, sin color y más dura que el agua de superficie en la región en la cual se encuentran. La temperatura del agua subterránea entre los 3 y 15 metros de bajo de la superficie equivale generalmente a la temperatura media atmosférica del lugar. Pasando los 15 metros, la temperatura aumenta más o menos un grado Celsius por cada 10 metros de profundidad.



## Diseño de las instalaciones<sup>34</sup>

El diseño de una instalación se hace a partir del conocimiento de dos aspectos fundamentales:

- a) El análisis del agua que se va a tratar.
- b) La calidad del agua que se requiere obtener.

A partir de este punto, se empezara a diseñar la geometría del sistema de conducción, los filtros, tipo de sedimentador, la capacidad de la cisterna y la potencia la bomba.

Uno de los problemas que tiene la ciudad de México en la temporada de lluvia son las inundaciones, que se presentan en diversos puntos de la ciudad, algunas de las causas son: exceso de basura, mal mantenimiento de las vías publicas y del drenaje, así como la prolongada precipitación de lluvia.

Algunos drenaje son están diseñados para poder evacuar tal cantidad de agua, además que cada zona de la ciudad cuenta con características especiales que las distingue una de otras (residencial, industrial, comercio).

Un primer tipo de aguas a evacuar esta constituido por las llamadas aguas pluviales producidas por las precipitaciones atmosféricas.

El resto de las aguas a evacuar recibe el nombre genérico de aguas residuales y tienen como características común la de haber sido usadas por el hombre. Se puede distinguir los siguientes tipos: aguas residuales urbanas y aguas residuales industriales.

Las aguas residuales urbanas se componen de aguas domésticas, procedentes de cocinas, baños y aguas de limpieza urbana usadas en la limpieza de las vías públicas.

Finalmente las aguas residuales industriales son de naturaleza variada, debido a la diversidad de industrias situadas en el ciudad. Se puede observar la clasificación en la figura 34.

---

<sup>34</sup> Ibid., P 261.

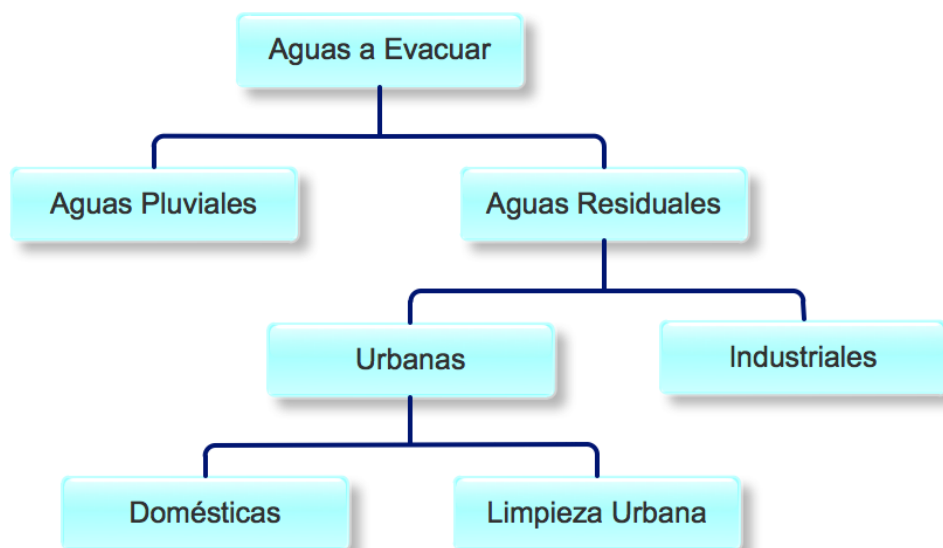


Figura 34. Clasificación de las aguas a evacuar<sup>35</sup>

Los sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel de familia y comunitario representan una solución para abastecer en grandes cantidades y calidad a las numerosas poblaciones rurales y urbanas que sufren la carencia de agua potable.

La importancia de captar, almacenar y utilizar el agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a este vital líquido. Esta opción permite satisfacer las necesidades básicas de la población.

Es importante identificar los principales componentes y obtener los datos necesarios de un sistema de captación del agua de lluvia, su funcionamiento, los criterios de diseño, las características de los materiales de construcción, su operación y mantenimiento.

Para ello se debe considerar lo siguiente:

- a) Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua pluvial.
- b) Determinación de la demanda de agua.
- c) Cálculo de la precipitación pluvial.
- d) Área de captación del agua de lluvia.
- e) Diseño del sistema de conducción del agua captada.
- f) Diseño del volumen del sedimentado.
- g) Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia.
- h) Definir el uso del agua captada.
- i) Diseño del sistema del tratamiento del agua de lluvia.
- j) Estadísticas de precipitación pluvial de la zona (mínimo 10 años).

<sup>35</sup> Catalá Moreno Fernando. Cálculo de caudales en las redes de saneamiento. Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Madrid España. P 126.

Estos son algunos de los datos que se deben de tomar en cuenta para el diseño de captación, estos datos aumentaran o disminuirán dependiendo de la zona, del uso del agua, estadísticas pluviales, etc., ya que cada proyecto cuenta con diferentes variables que intervienen y afectan de diferente manera.

## 3.1 Proceso de captación

Para entender el proceso de captación, es preciso recordar que el agua de lluvia suele recolectarse en unos meses precisos y se debe conservar para ser utilizada durante el periodo posterior hasta la nueva época de lluvias. Por este motivo, el empleo del agua de lluvia se recomienda combinarse con otra fuente de suministro de agua como puede ser la de red de agua potable del gobierno del Distrito Federal.

El diseño básico de captacion de aguas pluviales consta de los siguientes elementos:

- 1) Área de captación. En función de los materiales empleados tendremos mayor o menor calidad del agua recolecta. En este caso, las áreas de captación son las azoteas de los edificios en estudio.
- 2) Conduccion. Su función es recolectar el agua y llevarla hacia el depósito de almacenamiento. Es recomendable colocar algún sistema de rejilla que evite entrada de hojas o algún objeto que pueda obstruir posteriormente el conducto.
- 3) Filtro. Son necesario para hacer una eliminación mínima de la suciedad y evitar que entre en el depósito o cisterna.
- 4) Tratamiento. Es el proceso por el cual el agua de lluvia tiene que ser sometida, según sea su uso.
- 5) Cisternas. Son espacio donde se almacena el agua. Su lugar idóneo es bajo tierra, evitando así la luz (crecimiento de algas) y la temperatura (bacterias).
- 6) Bomba. Su función es para distribuir el agua a los lugares deseados. Es muy importante que esté construida con materiales adecuados para el agua de lluvia, e igualmente que sea de alta eficiencia.
- 7) Sistema de drenaje. Las aguas excedentes de lluvia necesitan tener salida a la red de alcantarillado.

En la figura 35 se puede observar la distribución de un sistema de captación de aguas pluviales.

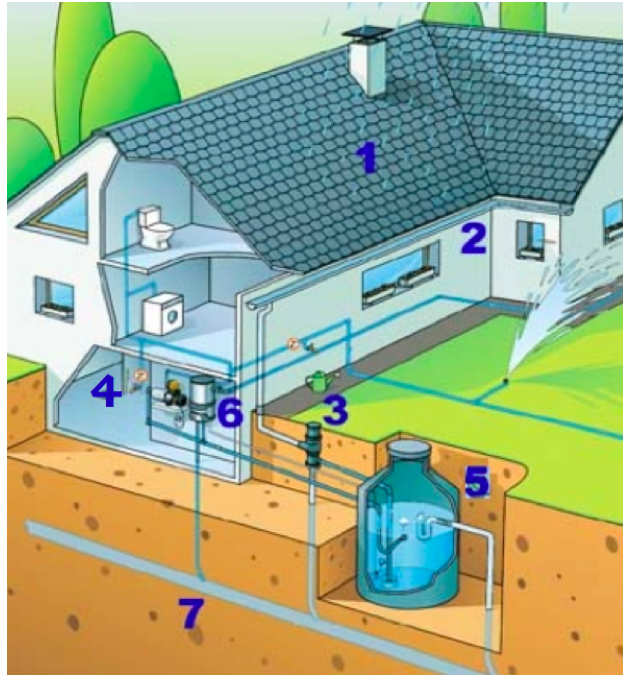


Figura 35. Distribución del sistema de captación pluvial

### 3.2 Estadísticas de precipitación pluvial en la Delegación Coyoacán

En la tabla 13, se puede apreciar el comportamiento que tiene la precipitación pluvial en la estación de Santa Úrsula Coapa, lugar colindante a CU, dando a conocer cuál ha sido el año más seco y el más lluvioso entre los años de 1971 a 1999. Para efectos de estudio se toma el promedio de precipitación pluvial de esta zona.

PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (Milímetros)													
ESTACIÓN CONCEPTO	PERIODO	MES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
SANTA ÚRSULA COAPA	1999	0.0	0.0	24.9	21.2	9.1	57.8	134.8	19.0	18.6	87.8	0.0	ND
PROMEDIO	De 1971 a 1999	11.9	5.0	13.1	23.5	64.0	146.1	157.0	152.4	140.7	72.6	12.2	10.3
AÑO MÁS SECO	1999	0.0	0.0	24.9	21.2	9.1	57.8	134.8	19.0	18.6	87.8	0.0	ND
AÑO MÁS LLUVIOSO	1992	34.1	14.0	22.0	24.1	94.2	177.4	237.1	185.8	186.4	222.0	73.0	31.5

FUENTE: CONAGUA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. Inédito.

Tabla 13. Precipitación pluvial Santa Úrsula Coapa

Fuente: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem07/estatal/df/ced/index.htm>

### 3.3 Definición del uso del agua captada

La calidad del agua depende de su origen. Las aguas naturales muestran en general, las cualidades más características de sus fuentes. Sin embargo muchos factores producen variaciones en la calidad de las aguas obtenidas de la misma fuente.

Estas variaciones provienen de la oportunidad que tiene el agua de absorber sustancias en forma de solución o tenerlas en suspensión. Las condiciones climatológicas, geográficas y geológicas son factores importantes para determinar la calidad del agua.

Las bacterias son las más numerosas de todas las especies vivientes, son también los organismos más frecuentes que se encuentran en el agua. A estos organismos les siguen en cuanto a su abundancia en el agua: <sup>36</sup>

- a) Algas
- b) Protozoarios flagelados
- c) Protozoarios patógenos
- d) Larvas de trematodos
- e) Los virus
- f) Las cecarias de esquistosomas
- g) Los anquilostomas
- h) Las taenias (mejor conocidas por tenias o solitarias)
- i) Lombrices

En general estos con un número excesivo de bacterias, convierten al agua en peligrosa, mientras que la presencia de algas y de protozoarios flagelados le da solamente mal sabor.

Las bacterias pueden agruparse en tres clases:

- a) Naturales del agua.
- b) Del suelo.
- c) De origen intestinal o aguas negras.

#### **Bacterias naturales del agua**

Las más generales son las del genero pseudomonas (Ps. Fluorecens y Ps. Aeruginosa o Pyocyanea), que producen un pigmento soluble en agua. Las bacterias naturales del agua son consideradas como no patógenas para el ser humano. Debe notarse que algunas de estas sobreviven frecuentemente a los procesos de purificación.

---

<sup>36</sup> American Water Works Association, Water Quality and Treatment, Regional Technical Aids Center.

## **Bacterias del suelo**

En épocas de inundaciones y después de épocas de lluvia intensas se encuentran en el agua muchas bacterias provenientes del suelo. Normalmente estas bacterias no viven mucho tiempo fuera de su ambiente natural. Entre las especies más comunes se encuentran:

- a) Genero Bacillus.
- b) Suggenro Aerobacillus.

## **Bacterias intestinales y de aguas negras**

A las aguas residuales también se les llama aguas fecales o de cloacas. El término agua residual define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. El término aguas negras también es equivalente debido a la coloración oscura que presentan.

De acuerdo con la Ley de Aguas del Distrito Federal en su artículo IV, define al AGUA PLUVIAL como la proveniente de la lluvia, nieve o granizo. Por la ubicación geográfica de la Delegación Coyoacán de obtendrá principalmente de lluvia.

En este caso en particular se pretende captar la lluvia en tres edificios diferentes:

- 1) Edificios G y H: Laboratorios de Ciencias Básicas.
- 2) Edificio L: Biblioteca Enrique Rivero Borrell.
- 3) Edificio O: Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez.

Estos edificios están ubicados en el Anexo de la Facultad de Ingeniería, por lo cual su población son principalmente alumnos y maestros. Conociendo el tipo de usuario que asisten a los edificios, se puede definir el uso al agua captada. Para este caso en particular el uso es:

- 1) Edificios G y H: Servicio y uso docente.
- 2) Edificio L: Servicios.
- 3) Edificio O: Servicios y uso docente.

## 3.4 Diseño del sistema de conducción

El diseño del sistema de conducción para los tres edificios en estudio es similar. Los tres sistemas cuentan con los mismos elementos, estos son:

- a) Filtración (rejillas y filtros)<sup>37</sup>. La función principal para la instalación de rejillas es retener y reducir los sólidos flotantes, tales como: papel plástico, botellas, telas, pedazos de madera, latas metálicas y otros objetos de distintos tamaños que trae consigo el agua pluvial, evitando la obstrucción de los conductos además de proteger a los equipos de un rápido deterioro.

Hay una gran variedad de rejillas:

- Fijas o móviles
- cuadradas, rectangulares o circulares.
- El tamaño de la rejilla está en función de la materia que se desea remover: finas (0.1 - 1.5 cm), medianas (1.5 - 2.5 cm) y gruesas (2.5 - 5.0 cm).

- 4) Para este caso en particular, se utilizarán rejillas circulares, fijas y de tamaño mediano para cada uno de los sistemas de captación, estas rejillas se ubicarán al inicio de los tubos de conducción de cada edificio, como se muestran en las figuras 36 (Biblioteca Enrique Rivero Borrell), 37 (Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez) y 38 (Laboratorios de Ciencias Básicas).



Figura 36. Rejillas en el área de captación de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

<sup>37</sup> Wolfgang Pürschel, Tratado del agua y su distribución Tomo 6: El tratamiento de las aguas residuales domésticas (técnicas de depuración). 26 p.



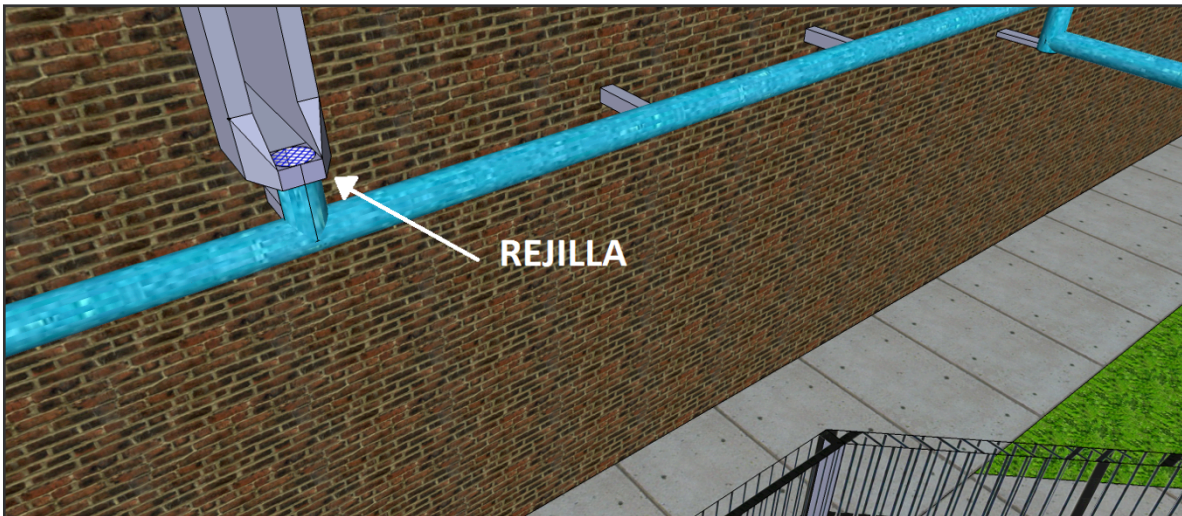


Figura 37. Rejillas en los talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez

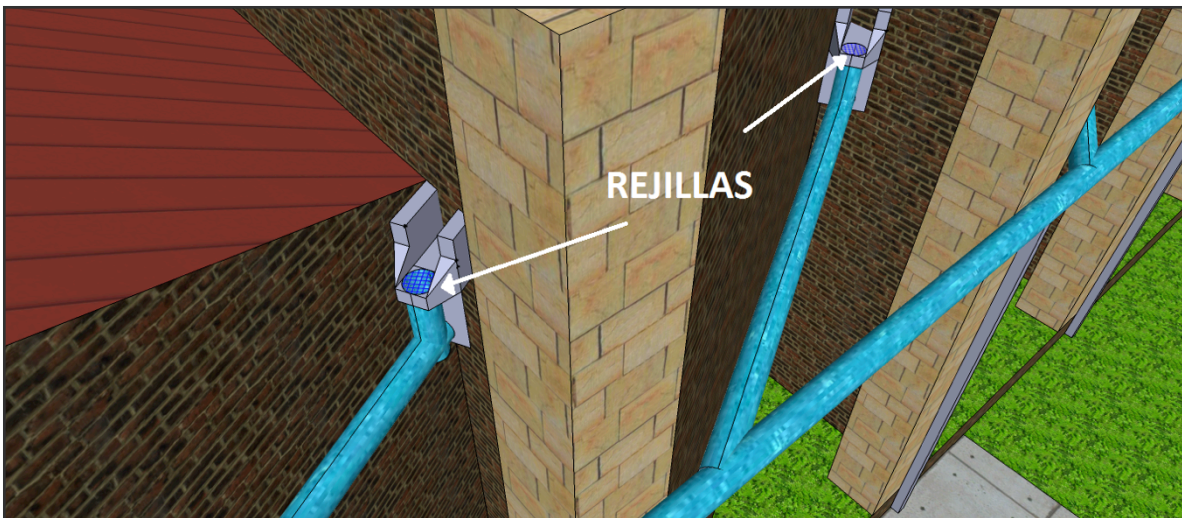


Figura 38. Rejillas en los laboratorios de Ciencias Básicas

En este sistema también se implementaran filtros de la marca Rotoplas, el cual una de sus funciones es prevenir la acumulación de sedimentos en el sedimentador. Su cartucho filtra partículas iguales o mayores a 50 micras, (el grosor del cabello humano es de 100 micras).

El filtro jumbo esta especialmente diseñado para familias numerosas, escuelas, comercios o establecimientos con elevado consumo de agua. Algunas ventajas y características son:

Ventajas y beneficios:

- Las tuberías no se tapan.
- Agua limpia para el aseo diario.
- Fácil de operar e instalar.
- Sin costo de mantenimiento.
- Cartuchos de repuesto disponibles.

## Características:

- Duración aproximada del cartucho: 6 meses.
- 3 años de garantía (para vaso portafiltros).
- Usar solo con agua fría.

b) Sistema de conducción (tuberías)<sup>38</sup>. La tuberías son conductos que cumple la función de transportar el agua captada. Se producen con una gran variedad de materiales, en el mercado se pueden encontrar tubos de diferentes diámetros según sea el uso requerido.

Las tuberías se construyen en diversos materiales en función de tomar consideraciones técnicas y económicas. Los materiales que suelen usarse son:

- Hierro fundido.
- Acero.
- Latón.
- Cobre.
- Plomo.
- Hormigón.
- Polipropileno.
- PVC.
- Polietileno de alta densidad (PEAD).
- Etc.

Para este caso de estudio, se recomienda utilizar tubos de PVC de seis pulgadas para la conducción del agua, el diámetro establecido es de acuerdo con los cálculos obtenidos, los tubos se ubicarán al final de las canaletas de agua de cada edificio, se utilizarán las conexiones necesarias para poder ajustar la tubería a la geometría de cada edificio. Se debe de tomar en cuenta que la instalación de la tubería debe de tener una pendiente para que el agua fluya con ayuda de la fuerza de gravedad, evitando así la instalación de una bomba en este punto, como se muestran en las siguientes figuras 39 (Biblioteca Enrique Rivero Borrell), 40 (Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez) y 41 (Laboratorios de Ciencias Básicas).

---

<sup>38</sup> Edmund G. Warner, Abastecimiento de agua en las zonas rurales y en las pequeñas comunidades. 225 p.



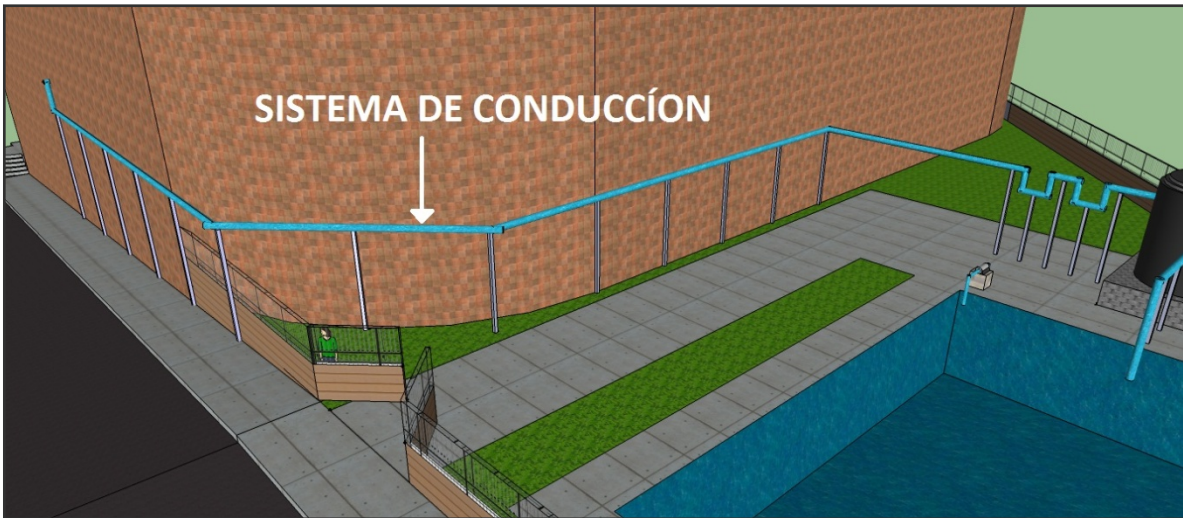


Figura 39. Sistema de conducción de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

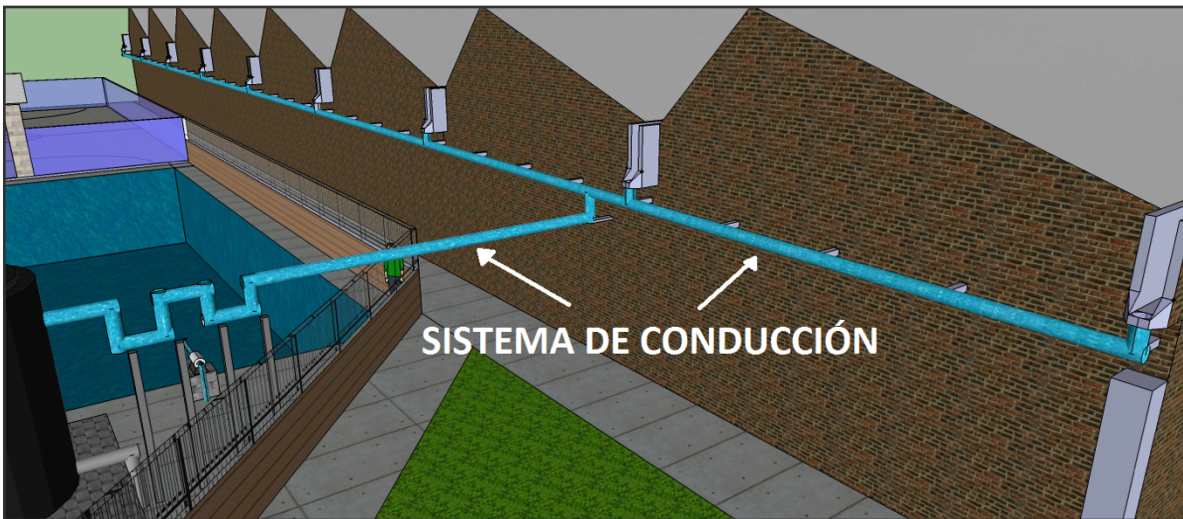


Figura 40. Talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez

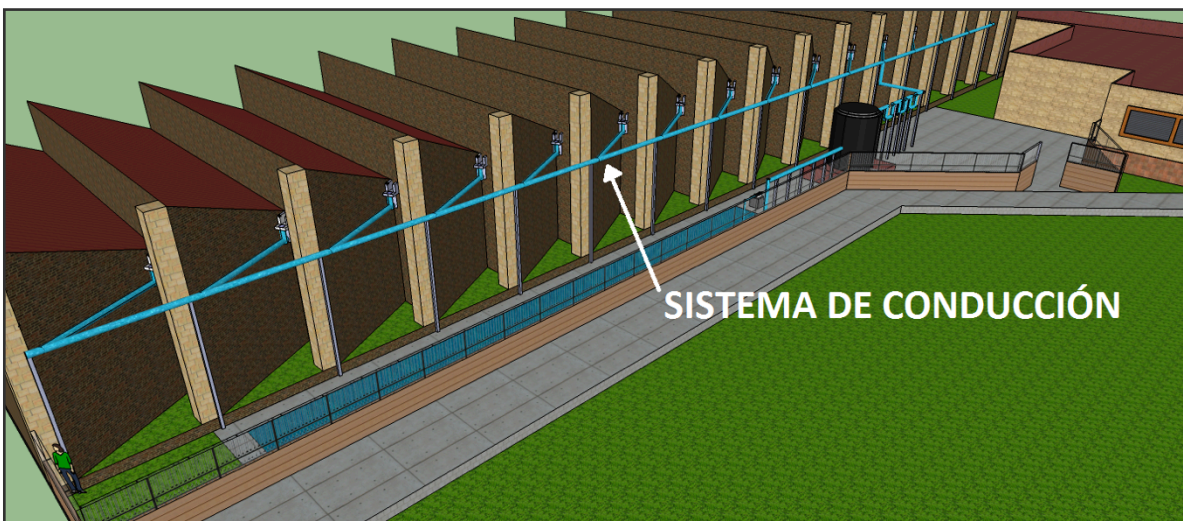


Figura 41. Sistema de conducción en los laboratorios de Ciencias Básicas

- c) Sedimentador<sup>39</sup>. La función principal es retener y reducir los sólidos que por su menor tamaño hayan pasado por la rejilla, pero que por su peso puedan precipitarse en el fondo gracias a la acción de la gravedad, tales como: arenas, pedazos de vidrio, granos de café y otros materiales de tamaño similar.

La remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido suspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

En este caso en particular se propone utilizar como sedimentador cisternas de agua para cada uno de los edificios. Estas cisternas tienen las características necesarias para soportar la inclemencia del tiempo durante todo el año. Los tinacos están constituidos de un polímero termoplástico llamado polipropileno.

La capacidad de cada cisterna es de 1100 lt, sus dimensiones son de 2.2 m de diámetro y con una altura de 2.9 m, algunos de sus beneficios que tienen este tipo de contenedores son:

- Fabricados de una sola pieza con polietileno que garantiza su impermeabilidad.
- Tapa con cierre perfecto.
- El interior de color claro permite ver la cantidad y claridad del agua almacenada.
- Fácil mantenimiento.
- No generan fugas.

En las siguientes figuras 42, 43 y 44 se observan los sedimentadores para cada edificio, éstos están ubicados sobre una base de concreto diseñados de acuerdo con las especificaciones del proveedor.

---

<sup>39</sup> [http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/mgilarra/Fluid/Sedimentacion%202006-2007.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mgilarra/Fluid/Sedimentacion%202006-2007.pdf)



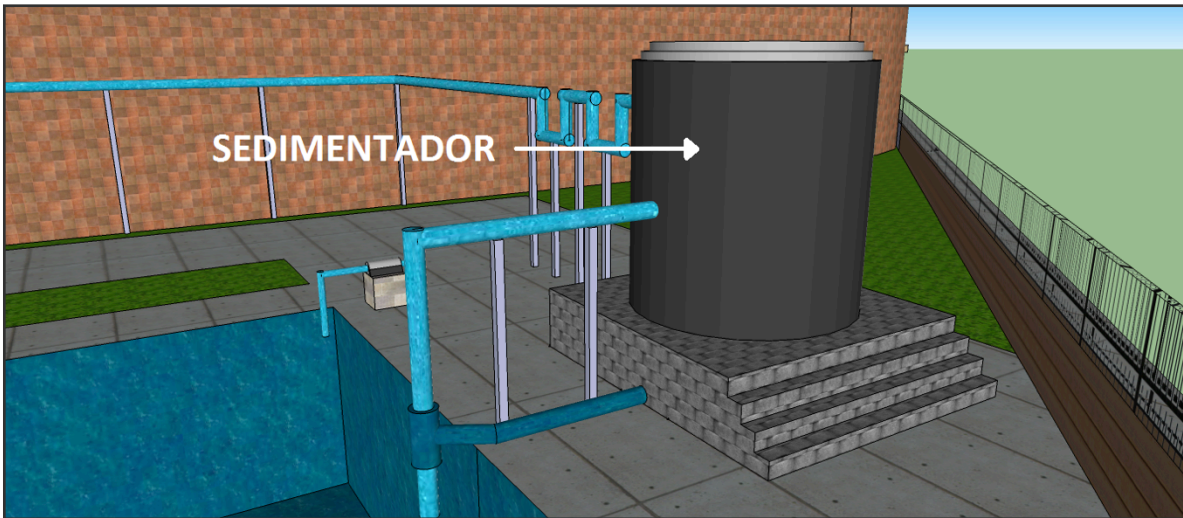


Figura 42. Sedimentador de la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

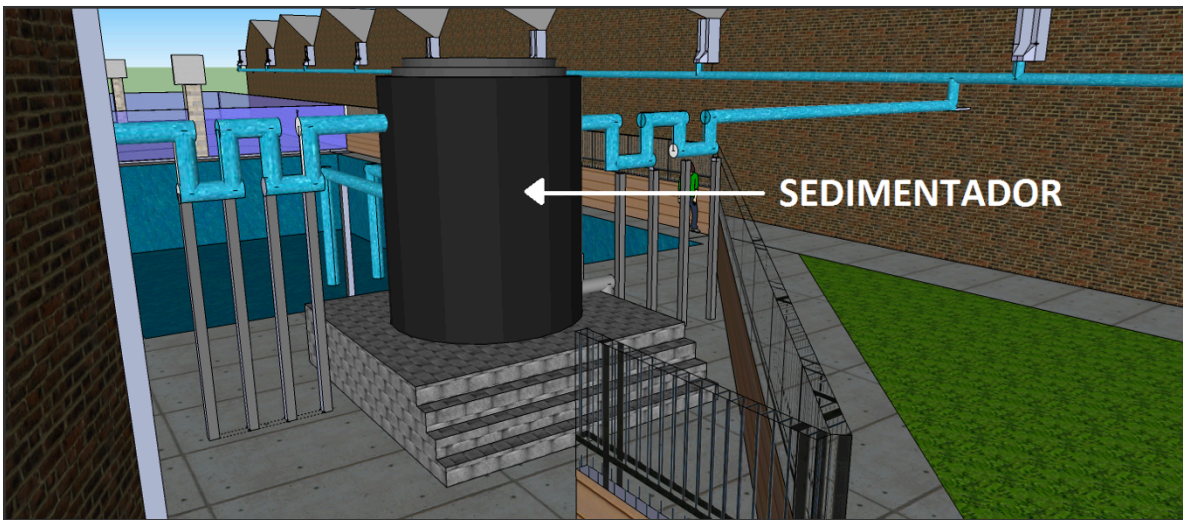


Figura 43. Sedimentador en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez

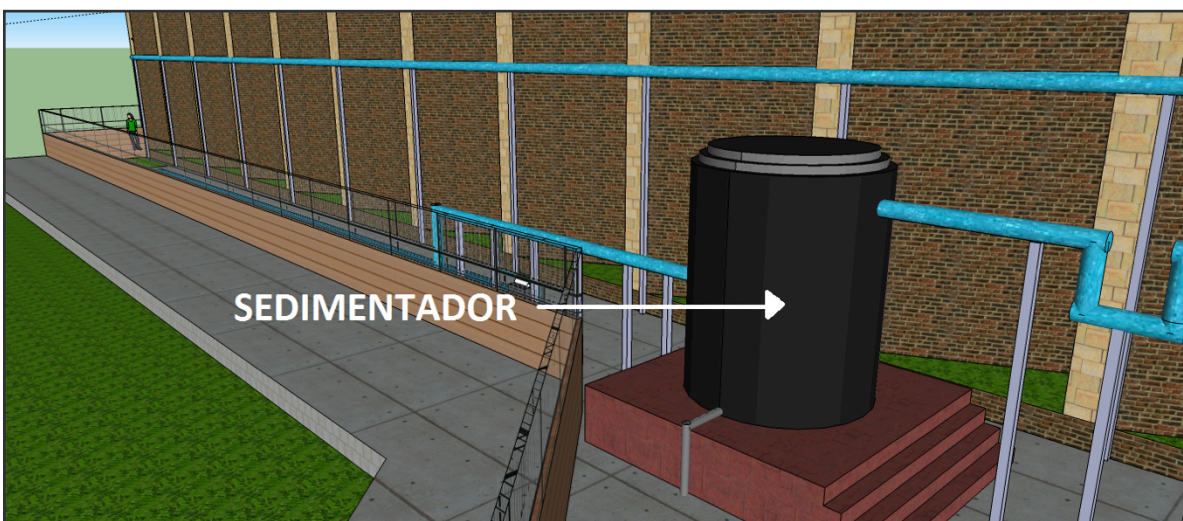


Figura 44. Sedimentador en los Laboratorios de Ciencias Básicas

d) Sistema de Almacenamiento<sup>40</sup>.

El agua recolectada en el área de captación debe ser almacenada para permitir su utilización en el momento en que se necesite. El volumen de almacenamiento está restringido por varios factores (superficie, impacto ambiental, precipitación pluvial, etc.), pero también deben de cumplir ciertas características de vital importancia para su buen funcionamiento.

Los sistemas de almacenamiento pueden ser construidos de diversas formas y con una gran variedad de materiales. Cualquiera que sea el tipo de sistema se debe prevenir o minimizar la contaminación del agua, mediante la instalación de tapas o cubiertas que permitan la aireación, pero que impidan la entrada de luz, polvo, agua superficial e insectos.

Los sistemas de almacenamiento se distinguen entre depósitos elevados y depósitos bajos:

- 1) Los depósitos elevados aseguran la presión suficiente para el abastecimiento, además de no necesitar un sistema de bombeo para transportarla.
- 2) Los depósitos bajos tienen un nivel de agua inferior al de la zona que han de abastecer. Con esta clase de depósitos se debe de colocar una bomba.

Para este caso de estudio, los sistemas de almacenamiento son bajos, se recomiendan ser construidas con concreto, cada una de estas cisternas tiene dimensiones diferentes, además que cumplen con los requerimientos necesarios para su buen funcionamiento.

Cada cisterna tiene dimensiones diferentes las cuales se ajustan a las necesidades de cada edificio, no solo se tiene que realizar la excavación, ya que va mas alla de eso, al final de las excavaciones se debera instalar un plástico de color negro para evitar que el concreto de los muros se filtre por la porosidad del terreno de piedra volcánica.

Después de la instalación del plástico, se deberá colocar una malla electrosoldada que deberá de ser cubierta con concreto premezclado en las paredes y piso, para poder evitar la deformación que se ejerce por la presión del agua y evitar derrumbes de lodo y piedra hacia el interior de la cisterna

El sistema de almacenamiento de la Biblioteca Maestro Enrique Rivero Borrell está ubicado entre el circuito exterior y la entrada del estacionamiento de profesores del Anexo de Ingeniería, a espaldas de la biblioteca, como se muestra en la figura 45.

---

<sup>40</sup> Wolfgang Pürschel, Tratado general del agua y su distribución Tomo 5: La captación y el almacenamiento del agua potable, 100 p.





Figura 45. Localización de la cisterna en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

Las dimensiones sugeridas para la construcción del sistema de almacenamiento son:

- 10 metros de ancho.
- 15 metros de largo.
- 3 metros de altura.

El diseño final del sistema de almacenamiento se muestra en la figura 46.

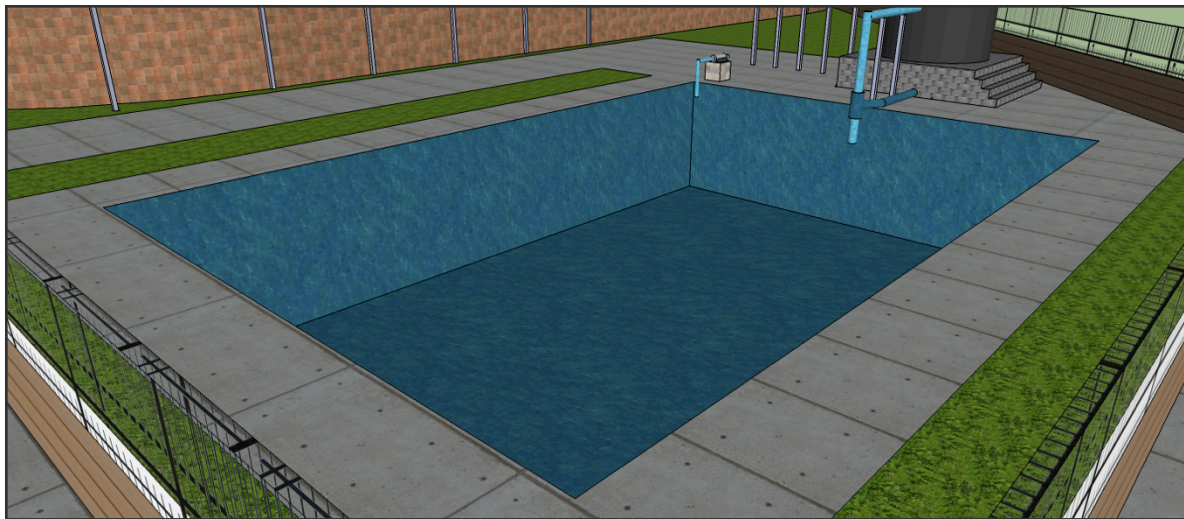


Figura 46. Diseño de la cisterna de almacenamiento en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

El sistema de almacenamiento del edificio H y talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez, está ubicado entre éste y el edificio "H", a un costado de la cancha de voleibol, ubicados en el conjunto sur de la Facultad de Ingeniería, como se muestra en la figura 47.



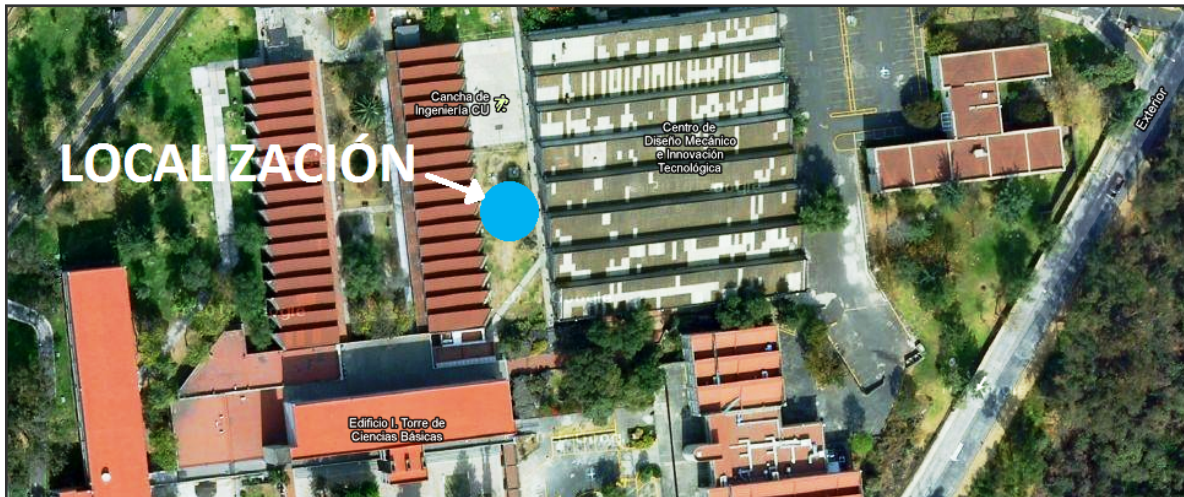


Figura 47. Localización de la cisterna en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez

Las dimensiones sugeridas para la construcción del sistema de almacenamiento son:

- 11 metros de ancho.
- 24 metros de largo.
- 3 metros de altura.

El diseño final del sistema de almacenamiento se muestra en la figura 48.

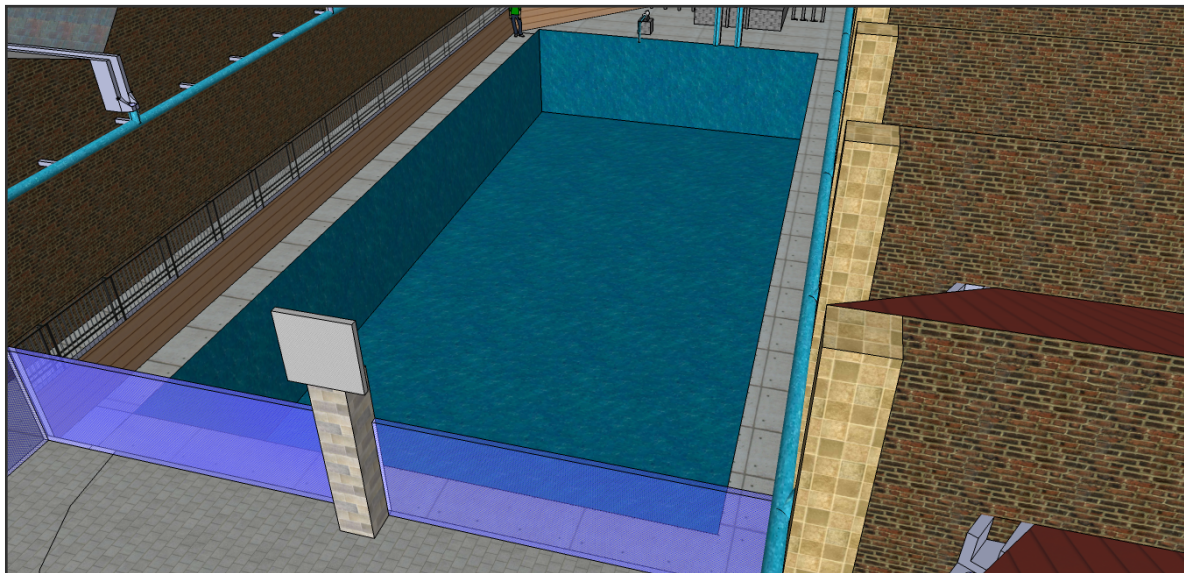


Figura 48. Cisterna en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez

El sistema de almacenamiento de los laboratorios de Ciencias Básicas, está ubicado entre los edificios “G” (laboratorios de termodinámica y electricidad) y “J” (ala poniente del Anexo de Ingeniería), como se muestra en la figura 49.





Figura 49. Localización de la cisterna en los laboratorios de Ciencias Básicas

Las dimensiones sugeridas para la construcción del sistema de almacenamiento son:

- 2.5 metros de ancho.
- 25 metros de largo.
- 3 metros de altura.

El diseño final del sistema de almacenamiento se muestra en la figura 50.

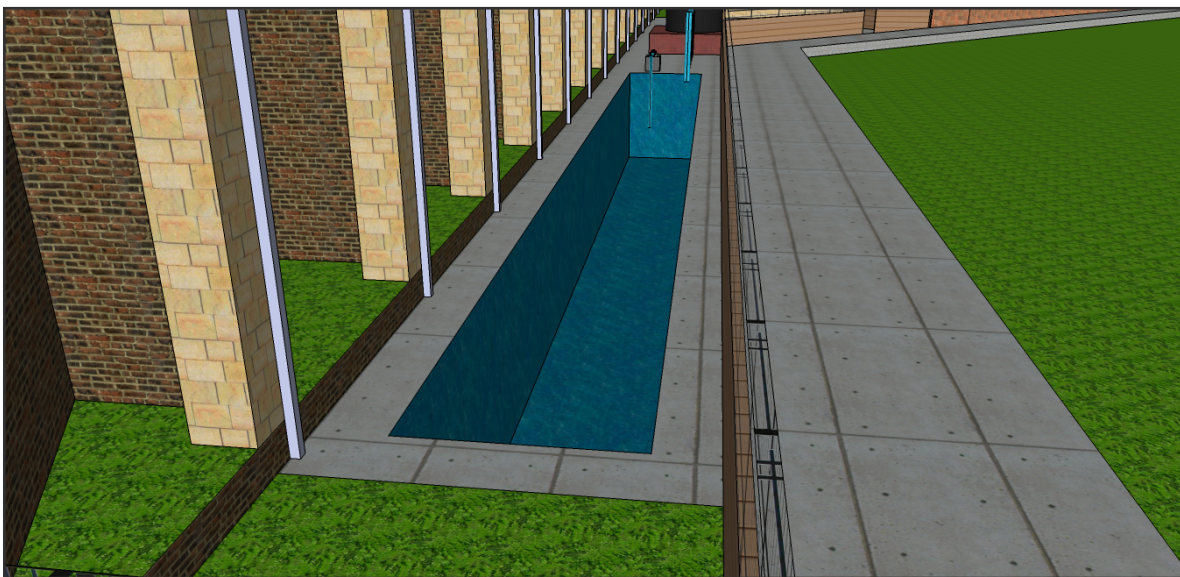


Figura 50. Cisterna en los laboratorios de Ciencias Básicas

e) Sistema de bombeo<sup>41</sup>. El objetivo del bombeo del agua es su transporte de un punto a otro, generalmente desde una cota más baja a otra más elevada, se debe recordar que cada bomba se ha concebido con una finalidad concreta y tiene un campo de aplicación determinado.

Las bombas pueden clasificarse con un arreglo de innumerables criterios. Como se muestra en la figura 51.

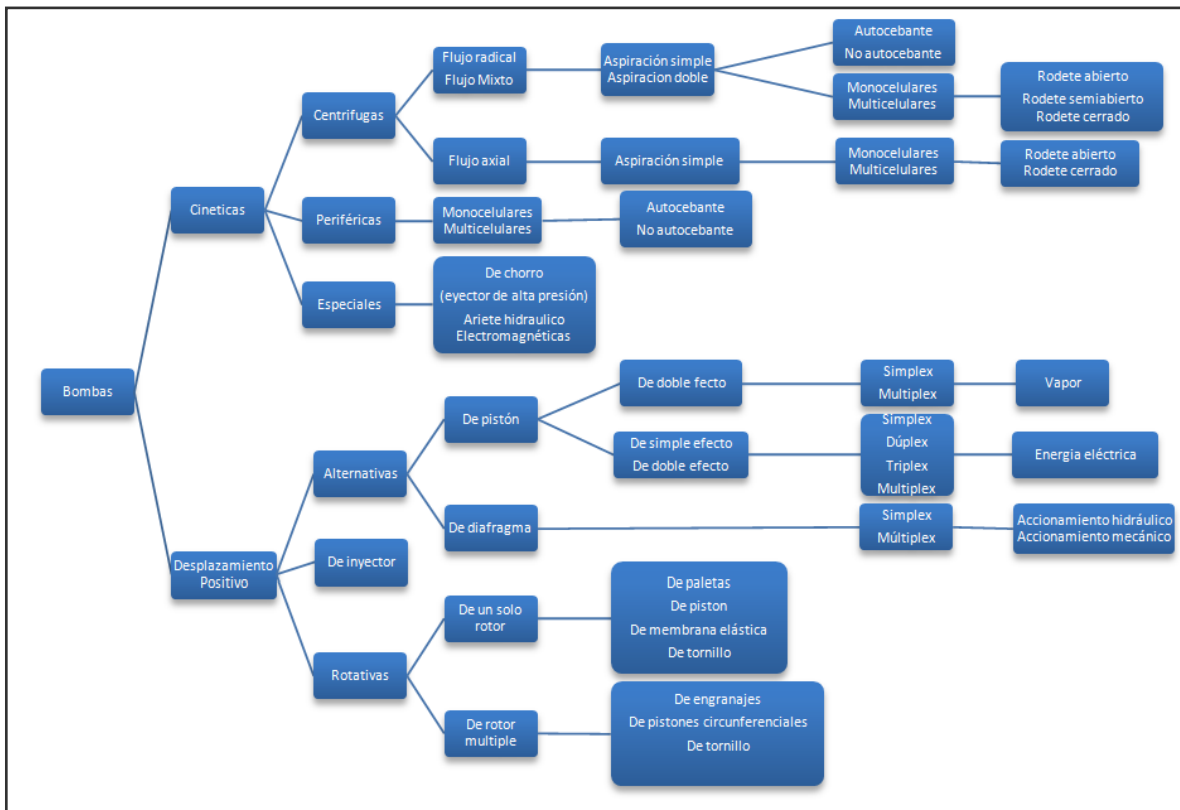


Figura 51. Clasificación de las bombas  
Fuente: Ibid., 308 p.

Las características de funcionamiento de las bombas dependen de su tamaño, velocidad y diseño (ver figura 51). Hay bombas de tamaño y diseño similar fabricadas por diversas empresas, pero tienen algunas diferencias de diseño.

No es posible formular reglas para la elección de una bomba por los numerosos factores que pueden influir sobre la decisión. Las principales consideraciones que deben tenerse en cuenta son:

- El costo inicial de la bomba y de la instalación
- El costo de funcionamiento
- El caudal y la altura requerida
- Las características de las bombas existentes en el mercado

<sup>41</sup> George Tchobanoglous, Ingeniería de aguas residuales: Redes de alcantarillado y bombeo, 299 p.

Para aprovechar al máximo las características de las bombas, es recomendable realizar una comparación entre ellas, para conocer cuál es la más adecuada para cubrir las necesidades, como se muestra en la tabla 15.

Tipo de Bombas	De desplazamiento			De velocidad			
	De pistón, manuales	De pistón, accionadas por motor ordinario o de viento	Norias	Centrífugas	Turbinas para pozos profundos	De chorro	De aire
Rendimiento (%)	Bajo: puede mejorarse con cilindros doble efecto: 25-60%	Bajo: 25-60%	Bajo	Bueno: 50%-85%	Bueno: 65%-85%	Baja: 40%-60%	Baja: 25%-60%
Manejo	Muy sencillo	Sencillo	Muy sencillo	Sencillo	Más difícil: requiere cierta atención	Sencillo: el aire puede originar obstrucciones	Más difícil: el compresor requiere cierta atención
Conservación	Sencilla, pero las válvulas y el pistón requiere ciertos cuidados: más difícil cuando el cilindro esta en el interior del pozo	La conservación del motor resulta a veces difícil en las zonas rurales	Sencilla	Sencilla, pero requiere ciertos cuidados	Más difícil: requiere el cuidado constante de un operario especializado	Sencilla, pero requiere ciertos cuidados	El compresor requiere atención constante
Caudal (litros por minuto)	10-50	40-100	15-70	Muy variable: desde 5 en adelante	Muy variable: 100-20 000	25-500	25-10 000
Presión (metros)	baja	Elevada	Baja	5-500	20-500	Baja	Baja
Coste	Reducido, pero mayor cuando el cilindro esta dentro del pozo	Reducido, pero mayor cuando el cilindro esta dentro del pozo	Moderado	Moderado	Mayor, sobre todo en los pozos profundos	Moderado	Moderado
Ventajas	Poca velocidad: fácil de manejar por operarios inexpertos: coste reducido	Coste reducido: sencillez de construcción: poca velocidad	Sencillez de construcción: manejo y conservación fáciles	Buen rendimiento: amplio margen de caudal y de represión	Buena para pozos taladrados de pequeño diámetro. Fácil manejo	Partes móviles fuera del pozo: fácil manejo	Partes móviles fuera del pozo: puede elevar agua turbia y arenosa
Inconvenientes	Bajo rendimiento: aplicación limitada: conservación más difícil cuando el cilindro esta dentro del pozo	Bajo rendimiento: aplicación limitada: conservación más difícil cuando el cilindro esta dentro del pozo	Bajo rendimiento: aplicación limitada	Las partes móviles y las empaquetaduras requieren ciertos cuidados	Partes móviles en el interior del pozo: costó bastante elevado: manejo y conservación delicados	Aplicación limitada: bajo rendimiento: las partes móviles requieren ciertos cuidados	Aplicación limitada: bajo rendimiento: el compresor requiere una vigilancia constante
Fuerza motriz	Manual o animal	Motor ordinario o de Viento	Manual, animal, motor ordinario o de viento	Motor	Motor	Motor	Motor

Tabla 15. Comparación entre varias clases de bombas que se emplean en sistemas de abastecimiento de agua

Fuente: Edmund G. Warner, Op. cit. 134 p.

Para este caso de estudio, las bombas se recomiendan ser colocadas en bases hechas de concreto para su fácil manejo y mantenimiento, a unos metros de distancia del sistema de almacenamiento.

Para la Biblioteca Maestro Enrique Rivero Borrell, laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y los laboratorios de Ciencias Básicas, se recomienda usar una bomba centrífuga de 1 HP., algunos de los beneficios con los que cuenta la bomba son:

- Silenciosa.
- Fácil de instalar.
- Protección térmica para evitar daños por calentamiento.
- Hasta 98 litros por minuto.
- Eleva el agua a una altura máxima de 36 metros.

## 4 Memoria de cálculo.

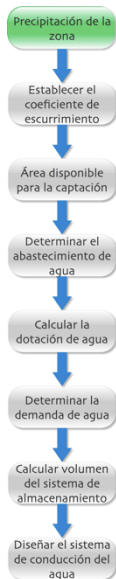
Para establecer los cálculos necesarios en la implementación de los captadores de agua de lluvia, este trabajo se basa en las fórmulas sugeridas en la tesis de García-Pérez<sup>42</sup>.

### 4.1 Memoria de cálculos para la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

Se realizaron los cálculos para obtener los siguientes datos:

- Precipitación en la zona
- Coeficiente de escurrimiento
- Área disponible para la captación
- Determinación del abastecimiento de agua
- Determinación de la dotación del agua
- Determinación de la demanda de agua
- Determinación del volumen de almacenamiento
- Diseño del sistema de conducción del agua

#### 4.1.1 Precipitación en la zona



Para realizar el siguiente cálculo se necesita conocer los datos de precipitación en la zona de estudio de los últimos 10 ó 15 años.

No fue posible obtener los datos de precipitación de la zona de CU, en su lugar se obtuvieron los datos de Santa Úrsula, Coapa, zona colindante al sur-oriental de CU. Éstos datos se muestran en la tabla 16.

Estación	Periodo	Mes												Anual
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Santa Úrsula Coapa	1999	0.0	0.0	24.9	21.2	9.1	57.8	134.8	19.0	18.6	87.8	0.0	Nd	373.2
Promedio	1971 a 1999	11.9	5.0	13.1	23.5	64.0	146.1	157.0	152.4	140.7	72.6	12.2	10.3	808.8
Año más seco	1999	0.0	0.0	24.9	21.2	9.1	57.8	134.8	19.0	18.6	87.8	0.0	Nd	373.2
Año más lluvioso	1992	34.1	14.0	22.0	24.1	94.2	177.4	237.1	185.8	186.4	222.0	73.0	31.5	1301.6

Tabla 16. Precipitación pluvial normal mensual en el Santa Úrsula, Coapa, Periodo 1971-1999 (milímetros)

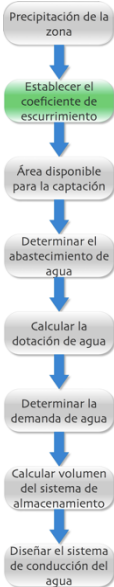
Por lo tanto;

Precipitación en la zona: **809 mm de agua.**

<sup>42</sup> García García Carlos, Pérez Ávila Marco Antonio, "Metodología para el diseño de un sistema de captación de agua pluvial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM", Capítulo V



## 4.1.2 Coeficiente de escurrimiento



La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento o escurrimiento ( $C_e$ ) de los materiales del que está construido el área de captación, el cual varía de 0.0 a 0.95 (Garduño y Martínez 2008).

Para los edificios de estudio se considerará como tipo de material del área de captación como Residencial, tal como se indica en la tabla 17.

Tipo de material del área de captación	Coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ )
Áreas unifamiliares	0.30 – 0.50
Unidades múltiples separadas	0.40 – 0.60
Unidades múltiples conectadas	0.60 – 0.75
Áreas departamentales	0.50 – 0.70
Techos	0.75 – 0.95
Casa habitación	0.50 – 0.70

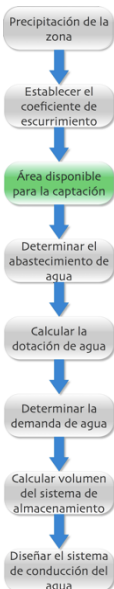
Tabla 17. Coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) de los diferentes materiales en el área de captación (CEA 2010)

Los sistemas de captación serán implementados en los techos de los edificios:

- Edificio H: Laboratorios de Ciencias Básicas.
- Edificio L: Biblioteca Enrique Rivero Borrell.
- Edificio O: Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica Alberto Camacho Sánchez.

Por lo cual el  $C_e = 0.85$

## 4.1.3 Área disponible para la captación



*Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell*

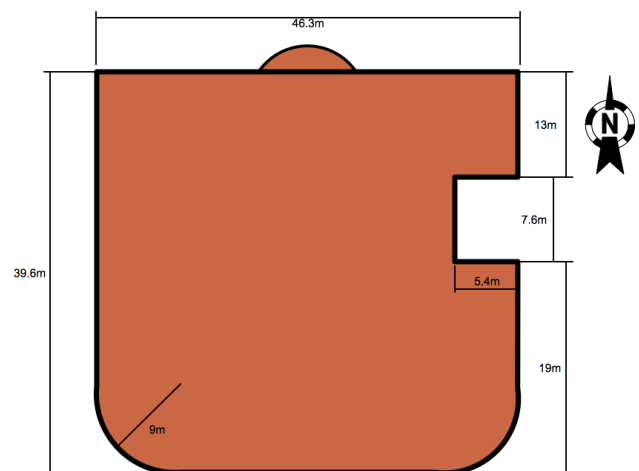
*Ubicación:*

Anexo de Ingeniería  
Ciudad Universitaria  
CP. 04510, Coyoacán, Distrito Federal

*Características:*

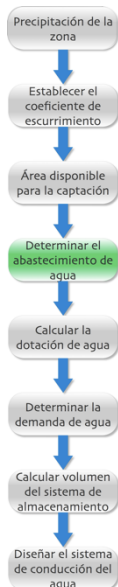
Área total: **1757 m<sup>2</sup>**

Número de coladeras: 19





#### 4.1.4 Determinación del abastecimiento de agua



Tomando en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones en el periodo señalado, el material, el techo y el coeficiente de escurrimiento, se procede a determinar la cantidad de agua captada para el área de captación por mes (UNATSABAR 2001).

De la siguiente formula:

$$Ai = \frac{(Ppi)(Ce)(Ac)}{1000} \dots (2.1)$$

Donde:

$Ai$ : Abastecimiento correspondiente al mes "i" m<sup>3</sup>.

$Ppi$ : Precipitación promedio mensual lt/m<sup>2</sup>.

$Ce$ : Coeficiente de escurrimiento.

$Ac$ : Área de captación m<sup>2</sup>.

1000: Factor de conversión de litros m<sup>3</sup>.

De la formula 2.1

$Ce = 0.85$  (determinado a partir de los valores correspondientes en la tabla 17)

$Ac = 1757 m^2$

$Ai_{acum}$  = abastecimiento acumulado

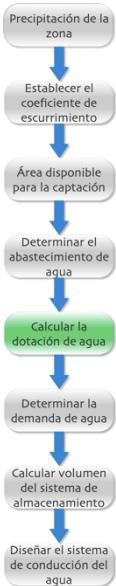
Sustituyendo se obtiene la siguiente tabla.

Número de días 2011-2 al 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado
8	Julio	157	234.47	234.47
27	Agosto	152.4	227.60	462.07
24	Septiembre	140.7	210.12	672.20
26	Octubre	72.6	108.42	780.62
23	Noviembre	12.2	18.22	798.84
14	Diciembre	10.3	15.38	814.22
22	Enero	11.9	17.77	832.00
23	Febrero	5	7.46	839.46
26	Marzo	13.1	19.56	859.03
20	Abril	23.5	35.09	894.12
25	Mayo	64	95.58	989.70
26	Junio	146.1	218.19	1207.90
264	Días laborables al año			

Tabla 18. Valores de abastecimiento mensual y acumulado (m<sup>3</sup>) de agua pluvial en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

Con base a la tabla anterior, se puede observar que los meses de mayor precipitación de agua en la zona de CU son: Junio, Julio, Agosto y Septiembre, los meses restantes tienen una precipitación escasa o casi nula. En estos meses de alta precipitación, deberá de funcionar el sistema de captación, para poder optimizar la recepción del liquido. Con base a los datos obtenidos se puede empezar a realizar un programa de mantenimiento para la cisterna y los equipos restantes.

#### 4.1.5 Determinación de la dotación del agua



La dotación de agua por persona es un valor que puede ser asumido en lt/persona-día de acuerdo a las necesidades que existan en el sitio donde se localiza el sistema de captación de agua pluvial. Este valor puede ser calculado con la expresión 2.2, si se desconoce con exactitud la cantidad de agua que requiere cada persona (UNATSABAR 2001).

De la ecuación

$$Dot = \frac{(Aan)(1000)}{(Ndn)(Nu)} \dots (2.2)$$

Donde:

*Dot*: Dotación lt/persona-día.

*Aan*: Volumen de abastecimiento acumulado en el año "n" en m<sup>3</sup>

*Ndn*: Número de días del año "n".

*Nu*: Número de usuarios que se benefician del sistema.

1000: Factor de conversión de m<sup>3</sup> a litros.

Sí

$$Aan = 1207.9 \text{ m}^3$$

$$Ndn = 264 \text{ días (se consideraron los días laborales de cada mes del año).}$$

$$Nu = 30 \text{ personas (número de trabajadores que laboran durante todo el día en la biblioteca)}$$

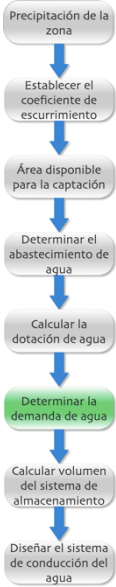
Sustituyendo en la ecuación 2.2 obtenemos lo siguiente.

$$Dot = \frac{(1207.9)(1000)}{(264)(30)}$$

$$Dot = 152.5 \text{ litros / persona - día}$$

Con base al resultado anterior, se puede observar que cada persona que trabaja en las instalaciones, cuenta con 152.5 litros disponibles, desde su hora de entrada hasta su hora de salida. En este calculo no se consideraron mas personas ya que solo el personal que trabaja en las instalaciones tendría acceso al servicio.

#### 4.1.6 Determinación de la demanda de agua



A partir de la dotación por persona calculada o asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender a la población en cada uno de los meses (UNATSABAR 2001).

De la ecuación

$$Di = \frac{(Nu)(Nd)(Dot)}{1000} \dots (2.3)$$

Donde:

*Di*: Demanda en el mes "i" m<sup>3</sup>.

*Nu*: Número de usuarios que se benefician del sistema.

*Nd*: Número de días del mes analizado.

*Dot*: Dotación lt/persona-día.

1000: Factor de conversión de litros a m<sup>3</sup>.

Sí

*Nu* =30 personas

*Nd* =264 días

*Dot* =152.5 lt/persona-día

Sustituyendo en la ecuación 2.3 Obtenemos la siguiente tabla:

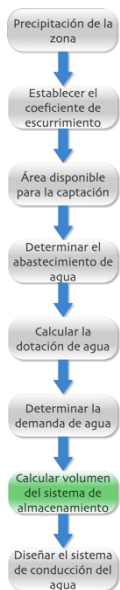
Número Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado	Demanda parcial	Demanda acumulada
8	Julio	157	234.47	234.47	36.60	36.603
27	Agosto	152.4	227.601	462.07	123.53	160.13
24	Septiembre	140.7	210.12	672.201	109.80	269.94
26	Octubre	72.6	108.42	780.62	118.96	388.907
23	Noviembre	12.2	18.22	798.84	105.23	494.14

14	Diciembre	10.3	15.38	814.22	64.05	558.19
22	Enero	11.9	17.77	832	100.65	658.85
23	Febrero	5	7.46	839.46	105.23	764.08
26	Marzo	13.1	19.56	859.03	118.96	883.04
20	Abril	23.5	35.09	894.12	91.507	974.55
25	Mayo	64	95.58	989.709	114.38	1088.94
26	Junio	146.1	218.19	1207.902	118.96	1207.902

Tabla 19. Valores de demanda anual y demanda acumulada (m<sup>3</sup>)

Analizando los resultados de la tabla anterior, se observa que solo dos meses de todo el año tiene una demanda baja, esto se debe por el periodo vacacional que hay entre los semestres, en los diez meses restantes tienen una demanda alta y constante. En el periodo de lluvias no habría problemas para el abastecimiento, debido a la precipitación constante en la zona.

#### 4.1.7 Determinación del volumen del sistema de almacenamiento



El volumen del sistema de almacenamiento se calcula mediante la diferencia del volumen captado en el mes "i" menos la demanda por los usuarios al mes "i". El volumen corresponderá al mayor valor de la diferencia entre ambos elementos.

# Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento acumulado	Demanda acumulada	Diferencia
8	Julio	157	234.47	36.603	197.86
27	Agosto	152.4	462.07	160.13	301.93
24	Septiembre	140.7	672.201	269.94	402.25
26	Octubre	72.6	780.62	388.907	391.71
23	Noviembre	12.2	798.84	494.14	304.704
14	Diciembre	10.3	814.22	558.19	256.03
22	Enero	11.9	832	658.85	173.14
23	Febrero	5	839.46	764.08	75.37
26	Marzo	13.1	859.03	883.04	-24.017
20	Abril	23.5	894.12	974.55	-80.42
25	Mayo	64	989.709	1088.94	-99.23
26	Junio	146.1	1207.902	1207.902	0

Tabla 20. Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año (m<sup>3</sup>)

El valor de mayor diferencia entre la demanda acumulada y el abastecimiento acumulado se da en el mes de septiembre, con un valor de **402.25 m<sup>3</sup>** en el caso de los meses con una diferencia negativa significa que faltará agua, por lo que se haría uso de la toma de la red y en estos meses se recomendaría dar mantenimiento al sistema de captación de agua de lluvia.

## 4.1.8 Diseño del sistema de conducción del agua



Para diseñar el sistema de conducción del agua será necesario obtener una serie de datos relacionados a la localización donde se instalará el sistema de captación, comenzando con las siguiente formula para calcular la intensidad de la precipitación.

$$Ip = \frac{60(hp)}{tc} \quad . . . (2.4)$$

donde:

*Ip*: Intensidad de precipitación mm/hr

*hp*: Altura de precipitación media para un periodo de retorno (*Tr*) y una duración (*d*).

*tc*: Tiempo de concentración min

El periodo de retorno y la duración de la tormenta se determinan en función a la localización del sistema de captación, primero es necesario obtener el valor de la altura de la precipitación por medio de la siguiente ecuación:

$$hp(Tr, d) = HpBase(Frt)(Fd)(Fa) \quad . . . (2.5)$$

donde:

*hpBase*: Lluvia media base asociada al periodo de retorno y duración *d*. (ver figura 53)

*Frt*: Factor de ajuste por periodo de retorno (ver figura 53)

*Fd*: Factor de ajuste por duración (ver figura 54)

*Fa*: Factor de ajuste por área; 1 si el área es menor a 10 km<sup>2</sup>

El periodo de retorno se determina a partir de la tabla 21

Tipo de obra	Tr (años)
Alcantarillas en caminos secundarios, drenaje de lluvia o contra-cunetas	5 a 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde pueden tolerarse encharcamientos causados por lluvias de corta duración	1 a 2
Drenaje de aeropuerto	5
Drenaje urbano	2 a 10

Tabla 21. Periodos de retorno según el tipo de obra a diseñar

La categoría a la que corresponde es el de drenaje de lluvia y su periodo de retorno es cinco años.

Para obtener la Hp base se basa en el mapa de isoyetas<sup>43</sup> para el área correspondiente.

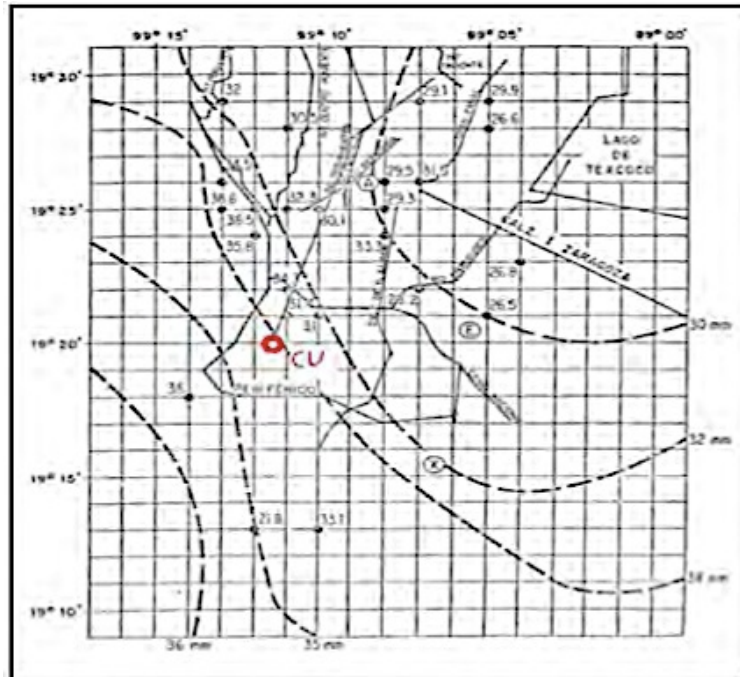


Figura 52.- Mapa de isoyetas para d= 30 min y Tr=5 años

Como se indica en la gráfica la ubicación geográfica de CU, le corresponde la isoyeta de 34mm.

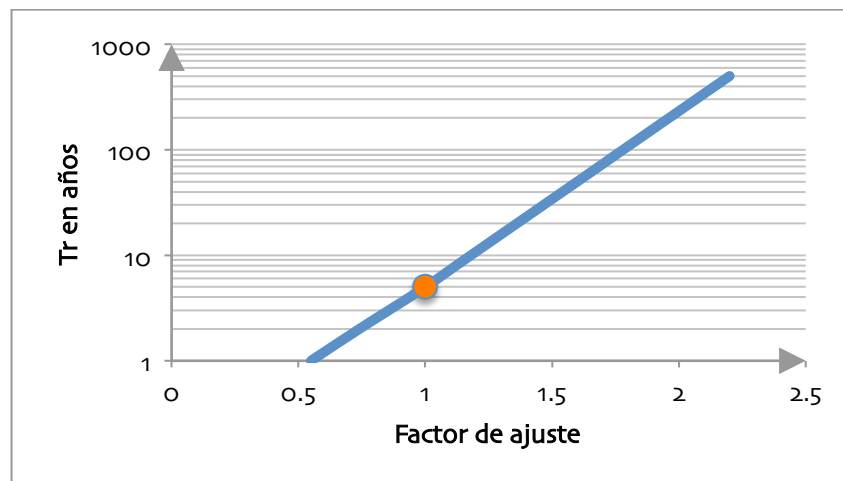


Figura 53. Factor de ajuste por periodo de retorno (en años)

Como se determino el periodo de retorno (cinco años) en la tabla 21 el factor de ajuste que le corresponde es uno.

<sup>43</sup> Isoyetas: Es una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos (representación de una estación meteorológica), donde se registra igual cantidad de precipitación

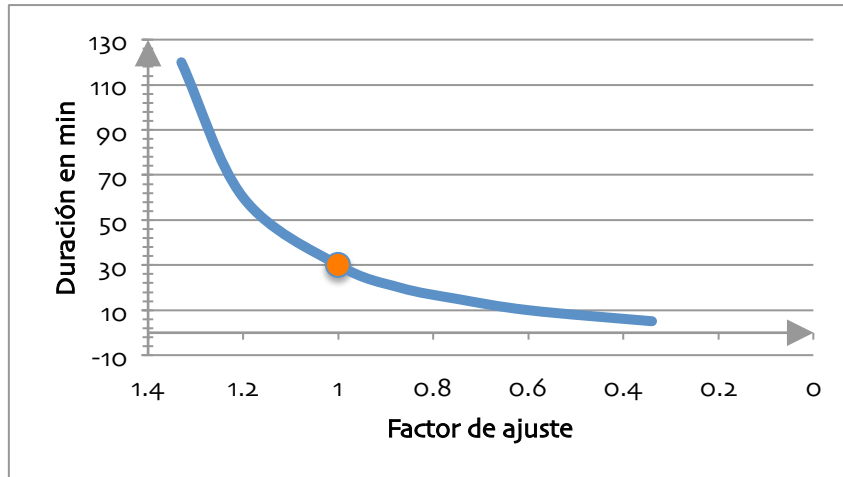


Figura 54. Factor de ajuste por duración (minutos)

La duración se determinó a partir del mapa de isoyetas (30 min) por lo que su factor de ajuste es uno

Sustituyendo los valores en la ecuación (2.5) se tiene:

$$hp(5,30) = (34mm)(1)(1)(1) = 34mm$$

Al sustituir  $hp$  en la ecuación 2.4 se tiene que:

$$Ip = \frac{60(34)}{30} = 68 \frac{mm}{h}$$

Por lo tanto, para cada hora que hay precipitación de agua en la zona, se recolectaran 68 mm.

Para calcular el caudal de escurrimiento se usará la siguiente formula:

$$Qp = (2.778)(Ce)(Ip)(Ac) \quad . . . (2.6)$$

Donde:

$Qp$ : caudal de conducción lt/s

$Ce$ : coeficiente de escurrimiento

$Ip$ : intensidad de precipitación mm/hr

$Ac$ : Área de captación ha



Sustituyendo valores se obtiene:

$$Qp = 2.778(0.85) (68) \frac{mm}{h} (0.1757) ha = 28.211 \text{ lt/s}$$

Convirtiendo a m<sup>3</sup>/s se obtiene:

$$Qp = 0.028211 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el resultado anterior se observa que tiene un caudal de 28.21 litros por segundo, esto se debe a la amplia área de captación con la que cuenta el edificio.

El diámetro de la tubería se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$D = 2 \left( \sqrt{\frac{Qp}{\pi v}} \right) \dots (2.7)$$

donde:

*D*: Diámetro de la tubería en m

*Qp*: Caudal de conducción m<sup>3</sup>/s

*V*: Velocidad media m/s (ver tabla 22)

Material de la tubería	Velocidad m/s	
	Mínima	Máxima
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	0.3	3
Concreto reforzado a partir de 60 cm de diámetro	0.3	3.5
Acero con revestimiento	0.3	5
Acero sin revestimiento	0.3	5
Acero galvanizado	0.3	5
Asbesto cemento	0.3	5
Hierro fundido	0.3	5
Hierro dúctil	0.3	5
PEAD (Poliestireno de alta densidad)	0.3	5
PVC (Policloruro de vinilo)	0.3	5

Tabla 22. Velocidades permisibles en tubería

Sustituyendo los valores en la ecuación se tiene que:

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{0.028211 \frac{m^3}{s}}{\pi(5)}} = 0.0847 \text{ m} \quad \mathbf{D = 8.47 \text{ cm}}$$

El diámetro necesario para este sistema es de 8 centímetros, medida necesaria para su buen funcionamiento, cabe mencionar que hay una gran variedad de medidas y de materiales.

## 4.2 Memoria de cálculos para los talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez.

### 4.2.1 Precipitación en la zona

Debido a que este edificio se encuentra muy cercano a la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell, se puede usar el mismo dato de precipitación.

Precipitación en la zona: **809 mm de agua.**

### 4.2.2 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente se determina de forma análoga al procedimiento empleado para calcular el  $C_e$  de la biblioteca Enrique Rivero Borrell aunque por las características del techo de este edificio (inclinación, material) se considerara de 0.95

Por lo tanto  **$C_e = 0.95$**

### 4.2.3 Determinación del área disponible para la captación

*Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M. I.  
Alberto Camacho Sánchez.*

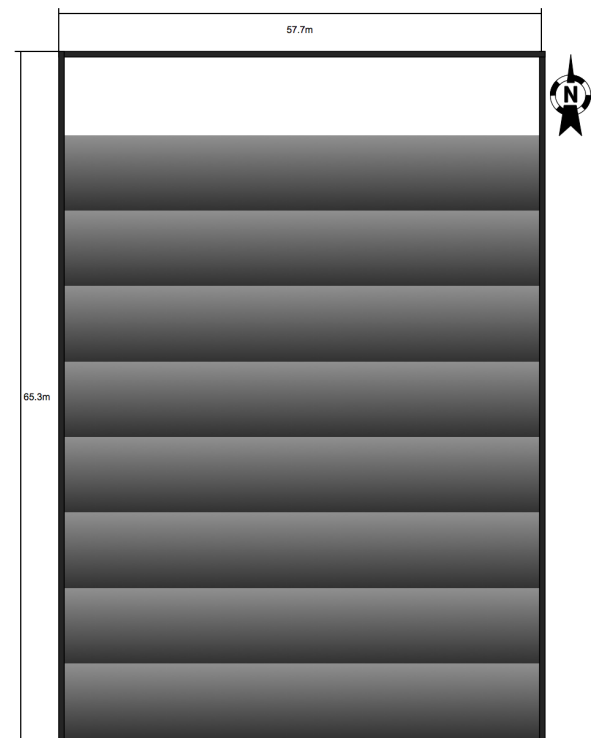
*Ubicación:*

Anexo de Ingeniería  
Ciudad Universitaria  
CP. 04510, Coyoacán, Distrito Federal

Características:

Área total: **3767.81 m<sup>2</sup>**

Número de coladeras: 8



#### 4.2.4 Determinación del abastecimiento de agua

Tomando en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones en el periodo señalado, el material, el techo y el coeficiente de escurrimiento, se procede a determinar la cantidad de agua captada para el área de captación por mes (UNATSABAR 2001).

De la formula (2.1)

$$C_e = 0.95$$

$$A_c = 3767.81 \text{ m}^2$$

$Ai_{acum}$  = abastecimiento acumulado

Sustituyendo tenemos la siguiente tabla.

Número de días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado
8	Julio	157	561.96	561.96
27	Agosto	152.4	545.503	1107.47
24	Septiembre	140.7	503.62	1611.09
26	Octubre	72.6	259.86	1870.96
23	Noviembre	12.2	43.66	1914.63
14	Diciembre	10.3	36.86	1951.49
22	Enero	11.9	42.59	1994.09
23	Febrero	5	17.89	2011.99
26	Marzo	13.1	46.89	2058.88
20	Abril	23.5	84.11	2142.99
25	Mayo	64	229.08	2372.08
26	Junio	146.1	522.95	2895.03
264	Días laborables al año			

Tabla 23. Valores de abastecimiento mensual y acumulado de los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez m<sup>3</sup>

Con base a la tabla anterior, se puede observar que los meses de mayor abastecimiento de agua en la zona de CU son: Mayo, Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre, los meses restantes tienen un abastecimiento moderado. Cabe mencionar que el alto volumen de agua captada esta en función del área y la precipitación promedio mensual de la ubicación geográfica.

#### 4.2.5 Determinación de la dotación de agua

La dotación de agua por persona es un valor que puede ser asumido en lt/persona-día de acuerdo a las necesidades que existan en el sitio donde se localiza el sistema de captación de agua pluvial. Este valor puede ser calculado con la expresión 2.2, si se desconoce con exactitud la cantidad de agua que requiere cada persona (UNATSABAR 2001).

De la formula (2.2)

$Aan$ : 2895.03 m<sup>3</sup>

$Ndn$ : 264 días (se consideraron los días laborales de cada mes del año).

$Nu$ : 20 personas ( este numero corresponde al numero de trabajadores que laboran durante todo el día en este edificio)

Sustituyendo en la ecuación 2.2 se obtiene lo siguiente.

$$Dot = \frac{(2895.03 \text{ m}^3)(1000)}{(264 \text{ dias})(20 \text{ personas})}$$

$$\mathbf{Dot = 365.53 \text{ litros/persona} - \text{día}}$$

Con base al resultado anterior, se puede observar que cada investigador o docente que trabaja en las instalaciones, cuenta con promedio de 365 litros disponibles, desde su hora de entrada hasta su salida. En este calculo no se consideraron mas personal ya que solo ellos tienen acceso al servicio.

#### 4.2.6 Determinación de la demanda de agua

A partir de la dotación calculada o asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender a la población en cada uno de los meses (UNATSABAR 2001).

De la formula (2.3)

$Nu$  =20 personas

$Nd$  =264 dias

$Dot$  =365.53 lt/persona-día

Sustituyendo en la ecuación 2.3 Obtenemos la siguiente tabla:

# Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado	Demanda parcial	Demanda acumulada
8	Julio	157	561.96	561.96	58.48	58.48
27	Agosto	152.4	545.503	1107.47	197.38	255.86
24	Septiembre	140.7	503.62	1611.09	175.45	431.33
26	Octubre	72.6	259.86	1870.96	190.07	621.408
23	Noviembre	12.2	43.66	1914.63	168.14	789.55
14	Diciembre	10.3	36.86	1951.49	102.34	891.904
22	Enero	11.9	42.59	1994.09	160.83	1052.73
23	Febrero	5	17.89	2011.99	168.14	1220.88
26	Marzo	13.1	46.89	2058.88	190.07	1410.96
20	Abril	23.5	84.11	2142.99	146.21	1557.17
25	Mayo	64	229.08	2372.08	182.76	1739.94
26	Junio	146.1	522.95	2895.03	190.07	1930.02

Tabla 24. Valores de demanda anual y demanda acumulada (m<sup>3</sup>)

Analizando los resultados de la tabla anterior, se observa que solo dos meses de todo el año tiene una demanda baja ( Julio y Diciembre), esto se debe por el periodo vacacional que hay entre los semestres, en los diez meses restantes tienen una demanda alta y constante.

#### 4.2.7 Determinación del volumen del sistema de almacenamiento

El volumen del sistema de almacenamiento se calcula mediante la diferencia del volumen captado en el mes “i” menos la demanda por los usuarios al mes “i”. El volumen corresponderá al mayor valor de la diferencia entre ambos elementos.

# Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento acumulado	Demanda acumulada	Diferencia
8	Julio	157	561.96	58.48	503.48
27	Agosto	152.4	1107.47	255.87	851.59
24	Septiembre	140.7	1611.09	431.33	1179.76
26	Octubre	72.6	1870.96	621.408	1249.55
23	Noviembre	12.2	1914.63	789.55	1125.07
14	Diciembre	10.3	1951.49	891.904	1059.59
22	Enero	11.9	1994.09	1052.73	941.35
23	Febrero	5	2011.99	1220.88	791.105
26	Marzo	13.1	2058.88	1410.96	647.91
20	Abril	23.5	2142.99	1557.17	585.82
25	Mayo	64	2372.08	1739.94	632.13
26	Junio	146.1	2895.03	1930.02	965.01

Tabla 25. Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año (m<sup>3</sup>)

El valor de mayor diferencia entre la demanda acumulada y el abastecimiento acumulado se da en el mes de octubre, con un valor de **1249.55 m<sup>3</sup>** en el caso de los meses con una diferencia negativa significa que faltará agua, por lo que se haría uso de la toma de la red. En este caso en particular no se obtienen resultados negativos lo cual indica que es autosuficiente con el agua captada.

## 4.2.8 Diseño del sistema de conducción del agua

Para diseñar el sistema de conducción del agua será necesario obtener una serie de datos relacionados a la localización donde se instalará el sistema de captación, comenzando con las siguiente formula para calcular la intensidad de la precipitación.

Haciendo uso de las ecuaciones (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), tablas 21 y 22 y figuras 52,53 y 54; y siguiendo la metodología que se siguió para calcular el sistema de conducción de la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell aplicada al edificio en cuestión se obtiene:

Sustituyendo los valores en la ecuación (2.5) se tiene:

$$hp(5,30) = 34 \text{ mm}(1)(1)(1) = 34\text{mm}$$

Al sustituir hp en la ecuación (2.4) se tiene que:

$$Ip = \frac{60 \times 34}{30} = 68 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 2.6 se obtiene:

$$Qp = 2.778 \times 0.95 \times 68 \frac{\text{mm}}{\text{h}} (0.376781) \text{ ha} = 67.616 \text{ lt/s}$$

Convirtiendo a m<sup>3</sup>/s se obtiene:

$$Qp = 0.06761 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el resultado anterior se observa que tiene un caudal de 67 litros por segundo, esto se debe a la amplia área de captación con la que cuenta el edificio.

Sustituyendo los valores en la ecuación (2.7) se tiene que:

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{0.06761 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi(5)}} = 0.1312\text{m} \quad \mathbf{D = 13.12 \text{ cm}}$$

## 4.3 Memoria de cálculos para los edificios G-H (laboratorios de Ciencias Básicas)

### 4.3.1 Precipitación en la zona

Debido a que este edificio se encuentra muy cercano a la biblioteca Enrique Rivero Borrell, se puede usar el mismo dato de precipitación.

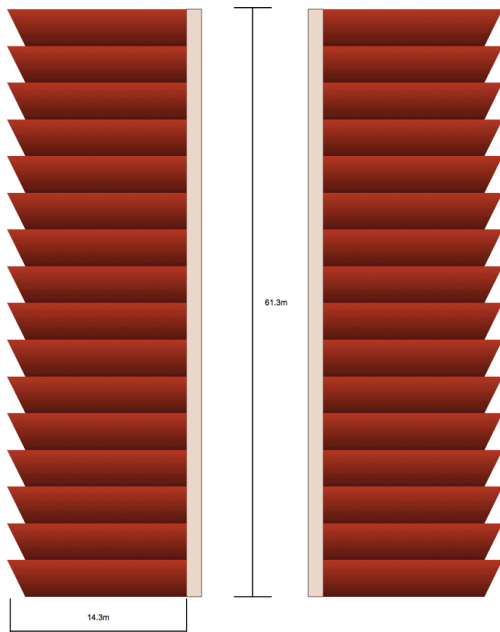
Precipitación en la zona: **809 mm de agua.**

### 4.3.2 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente se determina de forma análoga al procedimiento empleado para calcular el  $C_e$  de la biblioteca Enrique Rivero Borrell

Por lo tanto  **$C_e = 0.85$**

### 4.3.3 Determinación del área disponible para la captación



*Laboratorios de Ciencias Básicas*

*Ubicación:*

Anexo de Ingeniería

Ciudad Universitaria

CP. 04510, Coyoacán, Distrito Federal

Características:

Área total: **1623.92 m<sup>2</sup>** (ambos edificios)

Numero de coladeras: 32



#### 4.3.4 Determinación del abastecimiento de agua

Tomando en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones en el periodo señalado, el material, el techo y el coeficiente de escurrimiento, se procede a determinar la cantidad de agua captada para el área de captación por mes (UNATSABAR 2001).

De la formula 2.1

$$C_e = 0.85$$

$$A_c = 1623.92 \text{ m}^2$$

$A_{i_{acum}}$  = abastecimiento acumulado

Sustituyendo obtiene la siguiente tabla.

Numero de días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado
8	Julio	157	216.71	216.71
27	Agosto	152.4	210.36	427.07
24	Septiembre	140.7	194.21	621.28
26	Octubre	72.6	100.21	721.49
23	Noviembre	12.2	16.84	738.33
14	Diciembre	10.3	14.21	752.55
22	Enero	11.9	16.42	768.98
23	Febrero	5	6.901	775.88
26	Marzo	13.1	18.08	793.96
20	Abril	23.5	32.43	826.40
25	Mayo	64	88.34	914.74
26	Junio	146.1	201.66	1116.41
264	Días laborables al año			

Tabla 26. Valores de abastecimiento mensual y acumulado de los laboratorios de Ciencias Básicas (m<sup>3</sup>)

Con base a la tabla anterior, se puede observar que los meses de mayor abastecimiento de agua en la zona de CU son: Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre, los meses restantes tienen un abastecimiento baja y moderada. Cabe mencionar que el alto volumen de agua captada está en función del área y la precipitación promedio mensual de la ubicación geográfica.

### 4.3.5 Determinación de la dotación de la agua

La dotación de agua por persona es un valor que puede ser asumido en lt/persona-día de acuerdo a las necesidades que existan en el sitio donde se localiza el sistema de captación de agua pluvial. Este valor puede ser calculado con la expresión 2.2, si se desconoce con exactitud la cantidad de agua que requiere cada persona (UNATSABAR 2001).

De la ecuación (2.2)

$$Aan = 1116.41 \text{ m}^3$$

$Ndn = 264$  días (se consideraron los días laborales de cada mes del año).

$Nu = 30$  personas ( este numero corresponde al numero de trabajadores que laboran durante todo el día en este edificio)

Sustituyendo en la ecuación 2.2 se obtiene lo siguiente.

$$Dot = \frac{(1116.41 \text{ m}^3)(1000)}{(264 \text{ dias})(30 \text{ personas})}$$

$$\mathbf{Dot = 140.96 \text{ litros/persona} - \text{día}}$$

Con base al resultado anterior, se puede observar que cada docente que trabaja en las instalaciones, cuenta con promedio de 140 litros disponibles, desde su hora de entrada hasta salida. En este calculo no se consideraron mas personas ya que solo ellos tienen acceso al servicio.

### 4.3.6 Determinación de la demanda de agua

A partir de la dotación por persona calculada o asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender a la población en cada uno de los meses (UNATSABAR 2001).

De la ecuación (2.3)

$$Nu = 30 \text{ personas}$$

$$Nd = 264 \text{ dias}$$

$$Dot = 140.96 \text{ lt/persona-día}$$

Sustituyendo en la ecuación (2.3) Obtenemos la siguiente tabla:

# Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento parcial	Abastecimiento acumulado	Demanda parcial	Demanda acumulada
8	Julio	157	216.71	216.71	33.83	33.83
27	Agosto	152.4	210.36	427.07	114.18	148.01
24	Septiembre	140.7	194.21	621.29	101.49	249.50
26	Octubre	72.6	100.21	721.50	109.95	359.45
23	Noviembre	12.2	16.84	738.34	97.26	456.71
14	Diciembre	10.3	14.22	752.56	59.20	515.92
22	Enero	11.9	16.43	768.98	93.03	608.95
23	Febrero	5	6.90	775.88	97.26	706.22
26	Marzo	13.1	18.08	793.97	109.95	816.17
20	Abril	23.5	32.44	826.40	84.58	900.74
25	Mayo	64	88.34	914.75	105.72	1006.46
26	Junio	146.1	201.67	1116.41	109.95	1116.41

Tabla 27. Valores de demanda anual y demanda acumulada (m<sup>3</sup>)

Análogamente que los 2 edificios anteriores, se observa que solo dos meses de todo el año tiene una demanda baja ( Julio y Diciembre), esto se debe por el periodo vacacional que hay entre los semestres, en los diez meses restantes tienen una demanda alta y constante por el periodo escolar.

#### 4.3.7 Determinación del volumen del sistema de almacenamiento

El volumen del sistema de almacenamiento se calcula mediante la diferencia del volumen captado en el mes "i" menos la demanda por los usuarios al mes "i". El volumen corresponderá al mayor valor de la diferencia entre ambos elementos

# Días 2011-2 2012-1	Mes	Precipitación	Abastecimiento acumulado	Demanda acumulada	Diferencia
8	Julio	157	216.71	33.83	182.88
27	Agosto	152.4	427.07	148.01	279.07
24	Septiembre	140.7	621.29	249.50	371.79
26	Octubre	72.6	721.50	359.45	362.05
23	Noviembre	12.2	738.34	456.71	281.63
14	Diciembre	10.3	752.56	515.92	236.64
22	Enero	11.9	768.98	608.95	160.03
23	Febrero	5	775.88	706.22	69.67
26	Marzo	13.1	793.97	816.17	-22.20
20	Abril	23.5	826.40	900.74	-74.34
25	Mayo	64	914.75	1006.46	-91.72
26	Junio	146.1	1116.41	1116.41	0.00

Tabla 28. Diferencia entre la demanda acumulada al año y el abastecimiento acumulado al año (m<sup>3</sup>)

El valor de mayor diferencia entre la demanda acumulada y el abastecimiento acumulado se da en el mes de septiembre, con un valor de **371.78 m<sup>3</sup>** en el caso de los meses con una diferencia negativa (Marzo, Abril y Mayo) significa que faltará agua, por lo que se haría uso de la toma de la red y en estos meses se recomendaría dar mantenimiento al sistema de captación de agua de lluvia.

#### 4.3.8 Diseño del sistema de conducción del agua

Para diseñar el sistema de conducción del agua será necesario obtener una serie de datos relacionados a la localización donde se instalará el sistema de captación, comenzando con las siguiente formula para calcular la intensidad de la precipitación.

Haciendo uso de las ecuaciones (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), tablas 21 y 22 y figuras 52,53 y 54; y siguiendo la metodología que se siguió para calcular el sistema de conducción de la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell aplicada al edificio en cuestión se obtiene:

Sustituyendo los valores en la ecuación (2.5) se tiene:

$$hp(5,30) = 34 \text{ mm } (1)(1)(1) = 34\text{mm}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2.4) se obtiene:

$$Qp = 2.778 \times 0.85 \times 68 \frac{\text{mm}}{\text{h}} (0.162392) \text{ ha} = 26.07 \text{ lt/s}$$

Convirtiendo a m<sup>3</sup>/s se obtiene:

$$Qp = 0.02607 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el resultado anterior se observa que tiene un caudal de 26 litros por segundo, esto se debe a la amplia área de captación con la que cuenta el edificio.

Sustituyendo los valores en la ecuación (2.7) se tiene que:

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{0.02607 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi(5)}} = 0.0814 \text{ m} \quad \mathbf{D = 8.14 \text{ cm}}$$

El diametro necesario para este sistema es de 8 centímetros, medida necesaria para su buen funcionamiento, cabe mencionar que hay una gran variedad de medidas y de materiales.

## 5 Costos del sistema de captación de agua pluvial

Los costos se pueden definir como:

El valor monetario de los recursos que se entregan o prometen entregar, a cambio de bienes o servicios que se adquieren". (GARCÍA COLÍN, Contabilidad de Costos).

Uno de los objetivos principales de los costos es dar a conocer la estimación económica para la ejecución de un proyecto deseado.

Para un mejor desarrollo, se analizarán los costos de cada uno de los subsistemas que conforman el sistema de captación pluvial propuesto para los edificios, G, H, L y O de la Facultad de Ingeniería.

Para una mejor comprensión se divide en 8 etapas diferentes para obtener los elementos necesarios, las cuales se enumeran a continuación:

- 1) Bajada 1. Inicia en la parte inicial de la tubería, que son las coladeras de patio o rejillas hasta la segunda bajada que se caracteriza por tener una Tee H-H-H 160 mm.
- 2) Bajada 2. Abarca desde la Tee H-H-H 160 mm hasta la primera válvula.
- 3) Trampa de sólidos. Inicia después de la válvula y termina antes de la válvula 2.
- 4) Drenaje. Sección ubicada después de la trampa de sólidos que incluye la válvula y tubería hacia el drenaje.
- 5) Filtros. Sección que incluye la válvula hasta el filtro jumbo.
- 6) Sedimentador. Sección que incluye desde el sedimentador hasta la tubería que lleva a la cisterna.
- 7) Drenar. Incluye los accesorios de la parte inferior del sedimentador hasta el drenaje.
- 8) Bomba. Se refiere al sistema de bombeo para transportar el líquido a una presión constante a través del sistema de conducción.

En las figuras 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 y 62, se muestran las ubicaciones específicas de cada uno de los elementos que conforman el sistema de captación pluvial.



1) Bajada 1.

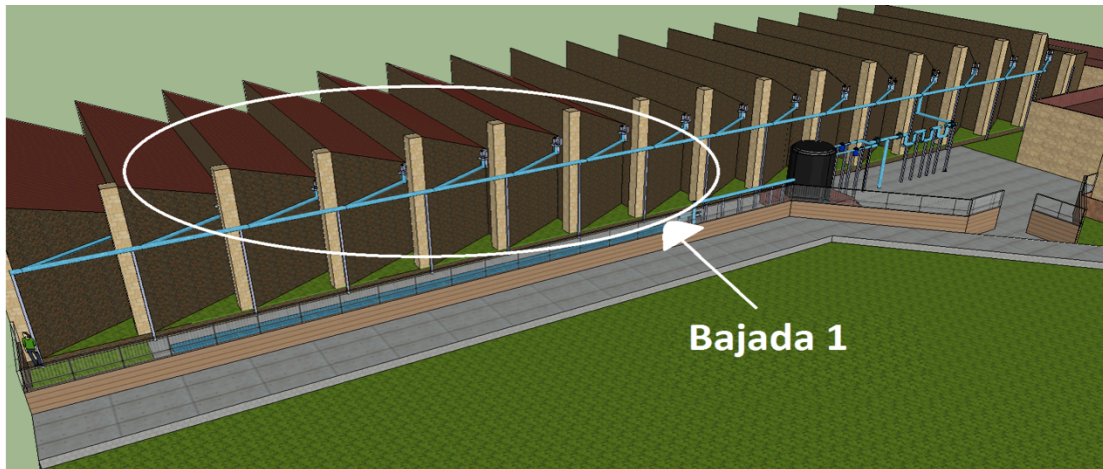


Figura 55.

2) Bajada 2.

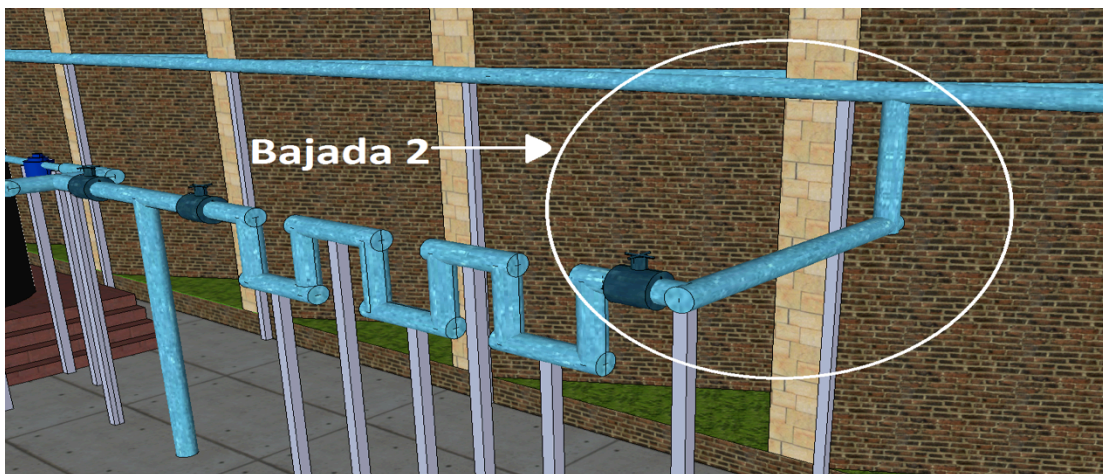


Figura 56.

3) Trampa de sólidos.

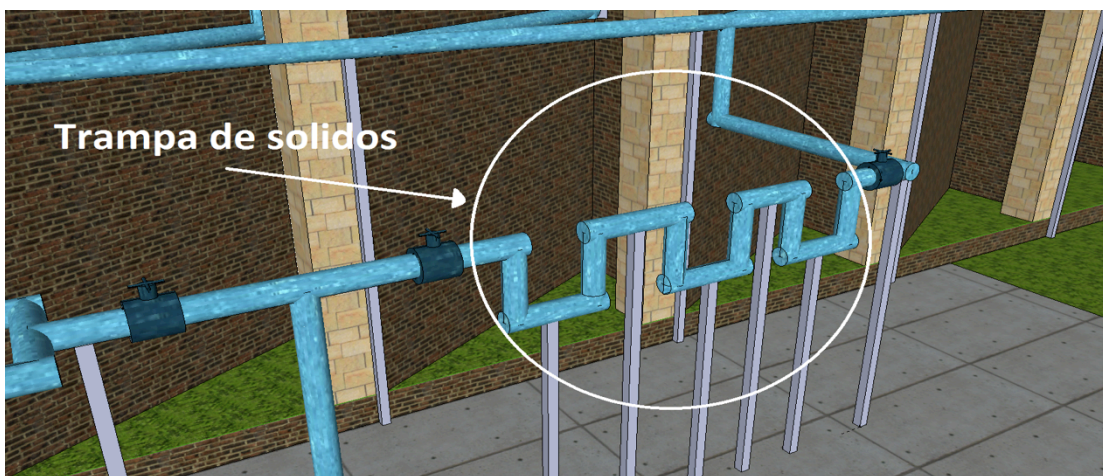


Figura 57.



4) Drenaje.

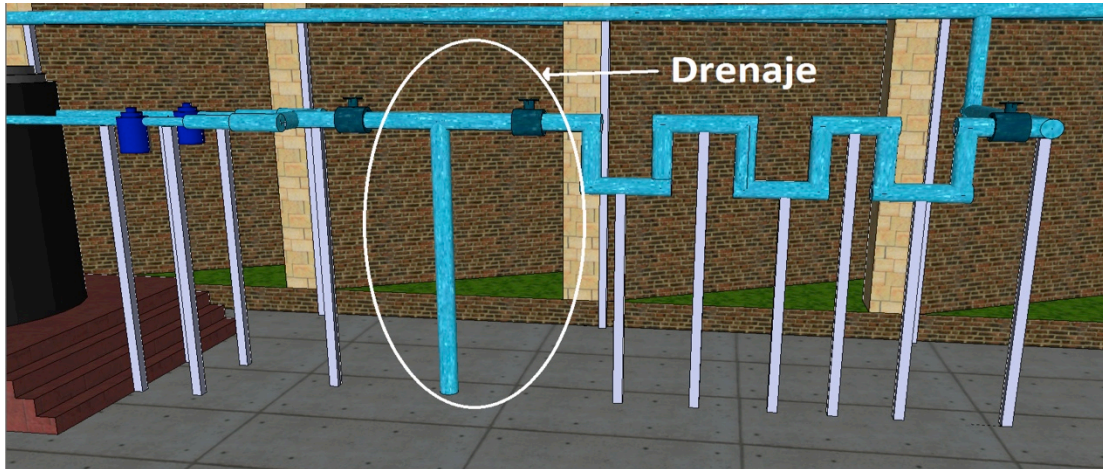


Figura 58.

5) Filtros.

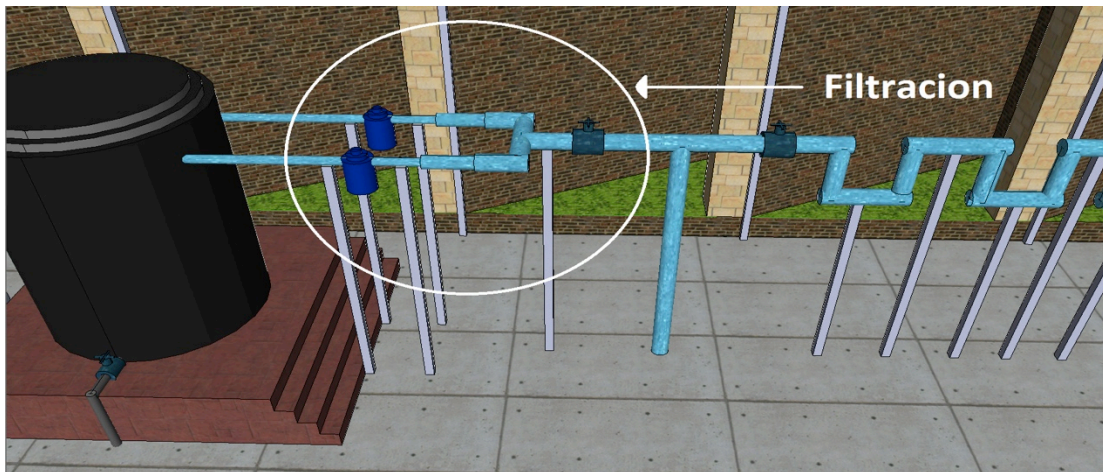


Figura 59.

6) Sedimentador.

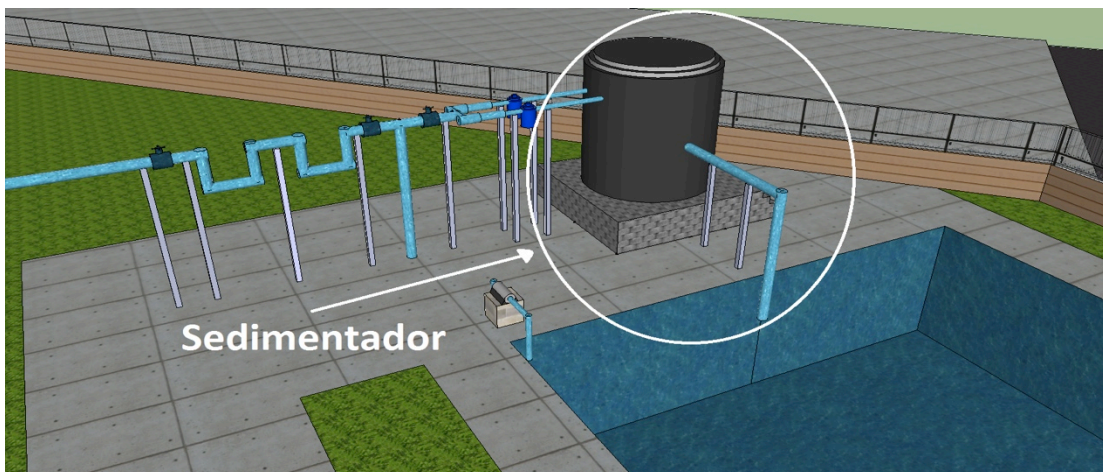


Figura 60.

7) Drenar.

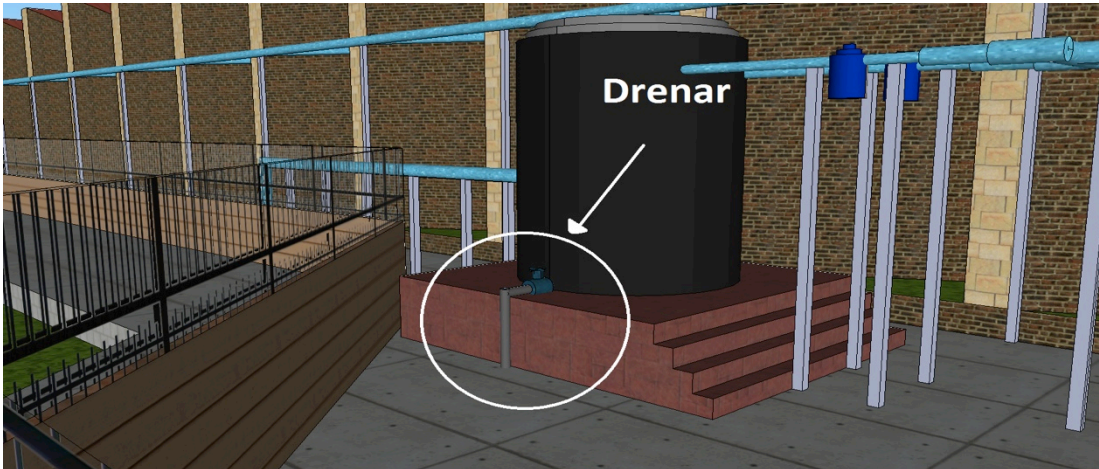


Figura 61.

8) Bomba.

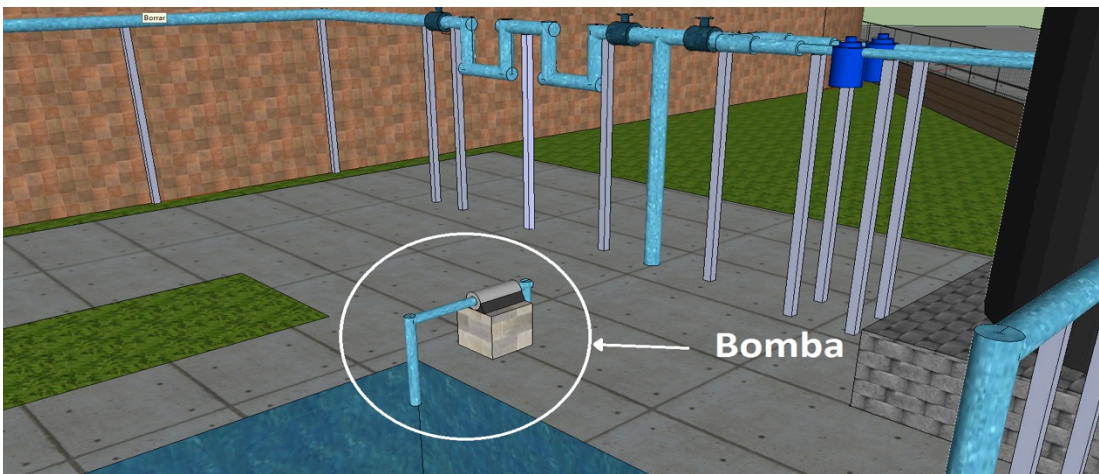


Figura 62.

En la tabla 29, se muestra el despliegue de las cantidades necesarias de los elementos requeridos para el sistema de captación,



## Componentes necesarios para implementar los sistemas de captación

Etapa	Componente	Unidad de medida	Edificio				Total
			Biblioteca	Lab. Química	CDM*	Lab. Termodinámica	
Bajada 1	Coladera de patio	Piezas	0	16	9	16	41
	Tubo 160 mm	Metros	43.6	109.8	68	109.8	331.2
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	16	9	16	42
	Abrazadera 160 mm	Piezas	0	34	34	34	102
	Soporte para techo	Piezas	0	34	34	34	102
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	16	0	16	34
	Tapón 160 mm	Piezas	2	18	2	18	40
Bajada 2	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	0	1	1	1	3
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	2	1	1	2	6
	Tubo 160 mm	Metros	7.5	1.5	6.7	4.5	20.2
	Válvula	Piezas	1	1	1	1	4
Trampa de sólidos	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	4	4	4	4	16
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	4	4	4	4	16
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	2	2	2	8
	Tapón 160 mm	Piezas	2	2	2	2	8
	Tubo 160 mm	Metros	3	3	3	3	12
Drenaje	Válvula 2	Piezas	1	1	1	1	4
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	1	1	1	4
	Tubo 160 mm	Metros	3	3	3	3	12
Filtros	Válvula	Piezas	1	1	1	1	4
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	1	1	1	1	4
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	2	2	2	2	8
	Reducción excéntrica 160x110	Piezas	2	2	2	2	8
	Tubo 110 mm (6m c/u)	Metros	1	1	1	1	4
	Reducción excéntrica 110x50	Piezas	2	2	2	2	8
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	1	1	1	1	4
Filtro Jumbo	Piezas	2	2	2	2	8	
Sedimentador	Cisterna 10 000 Lts	Piezas	1	1	0	1	3
	Tubo 160 mm	Metros	5.7	5	5	8	23.7
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	1	1	1	1	4
Drenar	Válvula	Piezas	1	1	0	1	3
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	2	2	0	2	6
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	1	1	0	1	3
Bomba	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	3.5	3.5	0	3.5	10.5
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	2	2	0	2	6
	Bomba (1Hp)	Piezas	1	1	0	1	3

Tabla 29. Despliegue de los componentes necesarios para los sistemas de captación.  
\*CDM: laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica – M. I. Alberto Camacho Sánchez

## 5.1 Costos de la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

El despliegue de los accesorios y costos para la cisterna se muestra en la tabla 30

Etapa	Biblioteca				
	Componente	Unidad de Medida	Cantidad Requerida	Precio Unitario ( \$ )	Subtotal por componente ( \$ )
Bajada 1	Coladera de patio	Piezas	0	\$ 650.00	\$ 0.00
	Tubo 160 mm	Metros	43.6	\$ 82.55	\$ 3599.18
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 122.00	\$ 122.00
	Abrazadera 160 mm	Piezas	0	\$ 55.00	\$ 0.00
	Soporte para techo	Piezas	0	\$ 63.00	\$ 0.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	\$ 115.00	\$ 230.00
	Tapón 160 mm	Piezas	2	\$ 40.00	\$ 80.00
Bajada 2	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	0	\$ 122.00	\$ 0.00
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	2	\$ 45.00	\$ 90.00
	Tubo 160 mm	Metros	7.5	\$ 82.55	\$ 619.125
	Válvula	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
Trampa solidos de	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	4	\$ 45.00	\$ 180.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	4	\$ 45.00	\$ 180.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	\$ 115.00	\$ 230.00
	Tapón 160 mm	Piezas	2	\$ 40.00	\$ 80.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	\$ 82.55	\$ 247.65
Drenaje	Válvula 2	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 122.00	\$ 122.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	\$ 82.55	\$ 247.65
Filtración	Válvula	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 115.00	\$ 115.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	2	\$ 45.00	\$ 90.00
	Reducción Excéntrica 160x110	Piezas	2	\$ 27.00	\$ 54.00
	Tubo 110 mm (6m c/u)	Metros	1	\$ 32.50	\$ 32.50
	Reducción Excéntrica 110x50	Piezas	2	\$ 10.00	\$ 20.00
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	1	\$ 26.66	\$ 26.66
Filtro Jumbo	Piezas	2	\$ 720.00	\$ 1440.00	
Sedimentador	Cisterna 10 000 Lts	Piezas	1	\$ 18770.00	\$ 18770.00
	Tubo 160 mm	Metros	5.7	\$ 82.55	\$ 470.535
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	1	\$ 45.00	\$ 45.00
Drenar	Válvula	Piezas	1	\$ 457.00	\$ 457.00
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	2	\$ 26.66	\$ 53.32
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Bomba	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	3.5	26.66	\$ 93.31
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	2	\$ 10.00	\$ 20.00
	Bomba (1Hp)	Piezas	1	\$ 1280.00	\$1280.00
<b>Total =</b>					<b>\$ 31 065.93</b>

Tabla 30. Desglose de accesorios en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

### 5.1.1 Costos de preparación del área de captación

La superficie de captación de la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell es de 1757 m<sup>2</sup>, esta superficie está cubierta con un impermeabilizante, por lo tanto este material es conveniente para los costos, ya que no se realizara una inversión para su instalación, por lo tanto el costo de este sistema es de \$ 00.00 pesos.

### 5.1.2 Costos del sistema de conducción

La conducción del agua captada será a través de tubos de PVC de 160 mm, estos tubos se encontrarán en lugares estratégicos para aprovechar la geometría del edificio. En el sistema de conducción se consideraron los elementos mostrados en la tabla 31.

Sistema	Componentes	Costo
Conducción	Tubo 160 mm	\$ 12,523.93
	Tee H-H-H 160 mm	
	Abrazadera 160 mm	
	Soporte para techo	
	Yee H-H-H 160 mm	
	Tapón 160 mm	
	Codo 87H-H 87x160 mm	
	Codo 45 H-H 45x160 mm	
	Válvula	
	Reducción excéntrica 160x110	
	Tubo 110 mm (6m c/u)	
	Reducción excéntrica 110x50	
	Tubo 50 mm (6m c/u)	
	Codo 87H-H 87x50 mm	
	Pegamento	

Tabla 31. Costos del sistema de conducción en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

Seleccionando los componentes con sus precios unitarios correspondientes y realizando las operaciones correspondientes, se obtiene un costo para el sistema de conducción de \$ 12, 523.93

### 5.1.3 Costos del sistema de filtración

La filtración se realizará por dos diferentes componentes, el cual tendrá como función principal retener material sólido de diferentes tamaños. En el sistema de filtración se consideraron los elementos mostrados en la tabla 32.

Sistema	Componentes	Costo
Filtrado	Coladera de patio	\$ 1,440.00
	Filtro jumbo	

Tabla 32. Costos del sistema de filtración en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

Multiplicando el número de piezas requeridas por su costo unitario, se obtiene un total de \$ 1,440.00

### 5.1.4 Costos del sistema de sedimentación

El proceso de sedimentación se llevará acabo en una cisterna de la marca Rotoplas de una capacidad de 10, 000 litros que se utiliza cotidianamente como cisterna de agua potable. En el sistema de sedimentación se consideró el elemento mostrado en la tabla 33.

Sistema	Componente	Costo
Sedimentación	Cisterna 10,000 Litros	\$ 18,770.00

Tabla 33. Costo del sistema de sedimentación en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

Como se puede observar en la tabla anterior, el costo de esta cisterna es de \$ 18,770.00 pesos.



### 5.1.5 Costos del sistema de almacenamiento

Para el sistema de almacenamiento se consideró una cisterna con las dimensiones especificadas anteriormente. Los costos de la cisterna se muestran en la tabla 34.

Código		Importe	I.V.A.	Subtotal
Preliminares	Trazo y nivelación de terreno	\$618.00	\$ 98.88	\$ 716.88
	Demolición de piedra volcánica	\$61,006.14	\$ 9,760.98	\$ 70,767.12
	Afine de terreno	\$9,387.33	\$ 1,501.97	\$ 10,889.30
	Acarreo de material fuera de la obra	\$47,188.87	\$ 7,550.22	\$ 54,739.09
Obra civil	Protección de plástico	\$1,733.76	\$ 277.40	\$ 2,011.16
	Malla electrosoldada	\$3,449.46	\$ 551.91	\$ 4,001.37
	Concreto premezclado	\$24,617.07	\$ 3,938.73	\$ 28,555.80
			Total =	\$ 171,680.73

Tabla 34. Costos del sistema de almacenamiento en la biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

Realizando los cálculos necesarios, se tiene un costo en el sistema de almacenamiento de \$ 171,680.73.

### 5.1.6 Costos del sistema de bombeo

Para el sistema de bombeo se consideró una bomba centrífuga, la cual tendrá como función principal bombear el agua de su lugar de origen a su destino final. El costo del sistema de bombeo se muestra en la tabla 35.

Sistema	Componente	Costo
Bombeo	Bomba (1 Hp)	\$ 1,280.00

Tabla 35. Costo del sistema de bombeo en la Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell.

Como se puede observar, el costo para el sistema de bombeo es de \$ 1,280.00, considerándola de una potencia de 1 Hp.

## 5.2 Costos del edificio O: laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y Laboratorios de Química

El despliegue de accesorios y costos para la cisterna se muestra en la tabla 36.

Etapa	Componente	Unidad de medida	Cantidad requerida		Precio unitario	Precio por componente	
			Lab. química	CDM		Lab. química	CDM
Bajada 1	Coladera de patio	Piezas	16	9	\$ 650.00	\$ 10,400.00	\$ 5,850.00
	Tubo 160 mm	Metros	109.8	68	\$ 82.55	\$ 9,063.99	\$ 5,613.40
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	16	9	\$ 122.00	\$ 1,952.00	\$ 1,098.00
	Abrazadera 160 mm	Piezas	34	34	\$ 55.00	\$ 1,870.00	\$ 1,870.00
	Soporte para techo	Piezas	34	34	\$ 63.00	\$ 2,142.00	\$ 2,142.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	16	0	\$ 115.00	\$ 1,840.00	\$ -
	Tapón 160 mm	Piezas	18	2	\$ 40.00	\$ 720.00	\$ 80.00
Bajada 2	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	1	\$ 122.00	\$ 122.00	\$ 122.00
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	1	1	\$ 45.00	\$ 45.00	\$ 45.00
	Tubo 160 mm	Metros	1.5	6.7	\$ 82.55	\$ 123.83	\$ 553.09
	válvula	Piezas	1	1	\$ 687.00	\$ 687.00	\$ 687.00
Trampa de sólidos	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	4	4	\$ 45.00	\$ 180.00	\$ 180.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	4	4	\$ 45.00	\$ 180.00	\$ 180.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	2	\$ 115.00	\$ 230.00	\$ 230.00
	Tapón 160 mm	Piezas	2	2	\$ 40.00	\$ 80.00	\$ 80.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	3	\$ 82.55	\$ 247.65	\$ 247.65
Drenaje	Válvula 2	Piezas	1	1	\$ 687.00	\$ 687.00	\$ 687.00
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	1	\$ 122.00	\$ 122.00	\$ 122.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	3	\$ 82.55	\$ 247.65	\$ 247.65
Filtros	Válvula	Piezas	1	1	\$ 687.00	\$ 687.00	\$ 687.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	1	1	\$ 115.00	\$ 115.00	\$ 115.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	2	2	\$ 45.00	\$ 90.00	\$ 90.00
	Reducción excéntrica 160x110	Piezas	2	2	\$ 27.00	\$ 54.00	\$ 54.00
	Tubo 110 mm (6m c/u)	Metros	1	1	\$ 32.50	\$ 32.50	\$ 32.50
	Reducción excéntrica 110x50	Piezas	2	2	\$ 10.00	\$ 20.00	\$ 20.00
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	1	1	\$ 26.66	\$ 26.66	\$ 26.66
	Filtro Jumbo	Piezas	2	2	\$ 720.00	\$ 1,440.00	\$ 1,440.00
Sedimentador	Cisterna 10 000 Lts	Piezas	1	0	\$ 18770.00	\$ 18,770.00	\$ -
	Tubo 160 mm	Metros	5	5	\$ 82.55	\$ 412.75	\$ 412.75
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	1	1	\$ 45.00	\$ 45.00	\$ 45.00
Drenar	Válvula	Piezas	1	0	\$ 457.00	\$ 457.00	\$ -
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	2	0	\$ 26.66	\$ 53.32	\$ -
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	1	0	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ -
Bomba	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	3.5	0	\$ 26.66	\$ 93.31	\$ -
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	2	0	\$ 10.00	\$ 20.00	\$ -
	Bomba (1Hp)	Piezas	1	0	\$ 1280.00	\$ 1,280.00	\$ -
<b>Total por Edificio</b>						<b>\$ 54,546.66</b>	<b>\$ 22,957.70</b>
<b>Total</b>						<b>\$ 77,504.35</b>	

Tabla 36. Desglose de accesorios en laboratorios de química y laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez.

### 5.2.1 Costos del área de captación

La superficie de captación en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M. I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química es de 4579.77 m<sup>2</sup>. La superficie de captación de ambos edificios es ideal para la captación pluvial. Su costo es de \$ 00.00 porque se aprovechará el tipo de material con que están cubiertas y el tipo de impermeabilizante usado, además de la geometría de los edificios.

### 5.2.2 Costos del sistema de conducción

La conducción del agua captada será mediante tubos de PVC de 160 mm, estos tubos se encontrarán en lugares estratégicos para aprovechar la geometría de los edificios. En el sistema de conducción se consideraron los elementos mostrados en la tabla 37.

Sistema	Componente	Costos	
		Lab. química	C.D.M.
Conducción	Tubo 160 mm	\$ 22,656.66	\$ 15,667.70
	Tee H-H-H 160 mm		
	Abrazadera 160 mm		
	Soporte para techo		
	Yee H-H-H 160 mm		
	Tapón 160 mm		
	Codo 87H-H 87x160 mm		
	Codo 45 H-H 45x160 mm		
	válvula		
	Reducción excéntrica 160x110		
	Tubo 110 mm (6m c/u)		
	Reducción excéntrica 110x50		
	Tubo 50 mm (6m c/u)		
	Codo 87H-H 87x50 mm		
	Pegamento		

Tabla 37. Costo del sistema de conducción en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química.

Seleccionando los componentes con sus precios unitarios y realizando las operaciones correspondientes, se obtiene un costo para el sistema de conducción de \$ 38,324.36

### 5.2.3 Costos del sistema de filtración

La filtración se realizará por medio de dos diferentes componentes, el cual su función principal es retener material sólido de diferentes tamaños. En el sistema de filtración se consideraron los elementos que se muestran en la tabla 38.

Sistema	Componente	Costos	
		Lab. química	C.D.M.
Filtrado	Coladera de patio	\$ 11,840.00	\$ 7,290.00
	Filtro jumbo		

Tabla 38. Costos del sistema de filtración en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se obtiene un costo para el sistema de \$ 19,130.00

### 5.2.4 Costos del sistema de sedimentación

El proceso de sedimentación se llevará a cabo en una cisterna de la marca Rotoplas de una capacidad de 10,000 litros que se utiliza cotidianamente como cisterna de agua potable. Para el sistema de sedimentación se consideró el elemento mostrado en la tabla 39.

Sistema	Componente	Costo
Sedimentación	Cisterna 10,000 Litros	\$ 18,770.00

Tabla 39. Costos del sistema de sedimentación en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química.

Como se puede observar en la tabla anterior, el costo de esta cisterna es de \$ 18,770.00

## 5.2.5 Costos del sistema de almacenamiento

Para el sistema de almacenamiento se consideró una cisterna con las dimensiones especificadas anteriormente, se tomo en consideración no modificar la arquitectura del paisaje, y dichas dimensiones se ajustaron al espacio disponible en las instalaciones. Los costos se muestran en la tabla 40.

Concepto		Importe	IVA	Subtotal
Preliminares	Trazo y nivelación de terreno	\$951.72	\$ 152.28	\$ 1,104.00
	Demolición de piedra volcánica	\$116,108.46	\$ 18,577.35	\$ 134,685.81
	Afine de terreno	\$19,211.28	\$ 3,073.80	\$ 22,285.08
	Acarreo de material fuera de la obra	\$89,728.38	\$ 14,356.54	\$ 104,084.92
Obra civil	Protección de plástico	\$3,548.16	\$ 567.71	\$ 4,115.87
	Malla electrosoldada	\$7,059.36	\$ 1,129.50	\$ 8,188.86
	Concreto premezclado	\$50,379.12	\$ 8,060.66	\$ 58,439.78
Total =				\$ 332,904.32

Tabla 40. Costos del sistema de almacenamiento en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química.

Realizando los cálculos correspondientes se tiene un costo en el sistema de almacenamiento de \$ 332,904.32

## 5.2.6 Costos del sistema de bombeo

Para el sistema de bombeo se consideró una bomba centrífuga, la cual tendrá como función principal bombear el agua de su lugar de origen a su destino final. El costo de sistema se muestra en la tabla 41.

Sistema	Componente	Costo
Bombeo	Bomba (1 Hp)	\$ 1,280.00

Tabla 41. Costo del sistema de bombeo en los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de química.

De acuerdo a los cálculos el costo para el sistema de bombeo es de \$ 1,280.00, considerando una potencia de 1 Hp.

## 5.3 Costos de laboratorios de Termodinámica

El Desglose de accesorios y costos para la cisterna se muestra en la tabla 42.

Etapa	Componente	Unidad de Medida	Lab. Termodinámica	Precio unitario	Subtotal
Bajada 1	Coladera de patio	Piezas	16	\$ 650.00	\$ 10,400.00
	Tubo 160 mm	Metros	109.8	\$ 82.55	\$ 9,063.99
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	16	\$ 122.00	\$ 1,952.00
	Abrazadera 160 mm	Piezas	34	\$ 55.00	\$ 1,870.00
	Soporte para techo	Piezas	34	\$ 63.00	\$ 2,142.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	16	\$ 115.00	\$ 1,840.00
	Tapón 160 mm	Piezas	18	\$ 40.00	\$ 720.00
Bajada 2	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 122.00	\$ 122.00
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	2	\$ 45.00	\$ 90.00
	Tubo 160 mm	Metros	4.5	\$ 82.55	\$ 371.48
	Válvula	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
Trampa de sólidos	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	4	\$ 45.00	\$ 180.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	4	\$ 45.00	\$ 180.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	2	\$ 115.00	\$ 230.00
	Tapón 160 mm	Piezas	2	\$ 40.00	\$ 80.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	\$ 82.55	\$ 247.65
Drenaje	Válvula 2	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
	Tee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 122.00	\$ 122.00
	Tubo 160 mm	Metros	3	\$ 82.55	\$ 247.65
Filtros	Válvula	Piezas	1	\$ 687.00	\$ 687.00
	Yee H-H-H 160 mm	Piezas	1	\$ 115.00	\$ 115.00
	Codo 45 H-H 45x160 mm	Piezas	2	\$ 45.00	\$ 90.00
	Reducción excéntrica 160x110	Piezas	2	\$ 27.00	\$ 54.00
	Tubo 110 mm (6m c/u)	Metros	1	\$ 32.50	\$ 32.50
	Reducción excéntrica 110x50	Piezas	2	\$ 10.00	\$ 20.00
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	1	\$ 26.66	\$ 26.66
	Filtro Jumbo	Piezas	2	\$ 720.00	\$ 1,440.00
Sedimentador	Cisterna 10 000 Lts	Piezas	1	\$ 18,770.00	\$ 18,770.00
	Tubo 160 mm	Metros	8	\$ 82.55	\$ 660.40
	Codo 87H-H 87x160 mm	Piezas	1	\$ 45.00	\$ 45.00
Drenar	Válvula	Piezas	1	\$ 457.00	\$ 457.00
	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	2	\$ 26.66	\$ 53.32
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Bomba	Tubo 50 mm (6m c/u)	Metros	3.5	\$ 26.66	\$ 93.31
	Codo 87H-H 87x50 mm	Piezas	2	\$ 10.00	\$ 20.00
	Bomba (1Hp)	Piezas	1	\$ 1,280.00	\$ 1,280.00
Total =					\$ 55,086.96

Tabla 42. Desglose de accesorios y costos en los laboratorios de Termodinámica.



### 5.3.1 Costos del área de captación

La superficie de captación de los laboratorios de Termodinámica es de 811.96 m<sup>2</sup>. La superficie es ideal para la captación de aguas pluviales, además que tiene un costo de inversión de \$ 00.00 ya que se aprovechara el tipo de material con que está impermeabilizada el edificio.

### 5.3.2 Costos del sistema de conducción

La conducción del agua captada se realizará a través de tubos de PVC de 160 mm, estos tubos se encontrarán en lugares definidos estratégicamente para aprovechar la geometría del edificio. En el sistema de conducción se consideraron los elementos mostrados en la tabla 43.

Sistema	Componente	Costo
Conducción	Tubo 160 mm	\$ 23,196.96
	Tee H-H-H 160 mm	
	Abrazadera 160 mm	
	Soporte para techo	
	Yee H-H-H 160 mm	
	Tapón 160 mm	
	Codo 87H-H 87x160 mm	
	Codo 45 H-H 45x160 mm	
	Válvula	
	Reducción Excéntrica 160x110	
	Tubo 110 mm	
	Reducción Excéntrica 110x50	
	Tubo 50 mm (6m c/u)	
	Codo 87H-H 87x50 mm	
	Pegamento	

Tabla 43. Costos del sistema de conducción en los laboratorios de termodinámica.

Seleccionando los componentes con sus precios unitarios y realizando las operaciones correspondientes, se obtiene un costo para el sistema de conducción de \$ 23,196.96

### 5.3.3 Costos del sistema de filtración

La filtración se realizará por dos diferentes componentes, el cual tendrá como función principal retener material sólido de diferentes tamaños. En el sistema de filtración se consideraron los componentes mostrados en la tabla 44.

Sistema	Componentes	Costos
Filtrado	Coladera de Patio	\$ 11,840.00
	Filtro Jumbo	

Tabla 44. Costos del sistema de filtración en los laboratorios de termodinámica.

Multiplicando el número de piezas requeridas por su costo unitario, se obtiene el costo para el sistema de \$ 1,440.00

### 5.3.4 Costos del sistema de sedimentación

El proceso de sedimentación se llevara a cabo en una cisterna de la marca Rotoplas de una capacidad de 10 000 litros. En el sistema de sedimentación se considero el elemento mostrados en la tabla 45.

Sistema	Componente	Costo
Sedimentación	Cisterna 10 000 Litros	\$ 18,770.00

Tabla 45. Costo del sistema de sedimentación en los laboratorios de termodinámica.

Como se puede observar en la tabla anterior, el costo de esta cisterna es de \$ 18,770.00

### 5.3.5 Costos del sistema de almacenamiento

Para el sistema de almacenamiento se considero una cisterna con las dimensiones especificadas anteriormente. Los costos de la cisterna se muestran en las Tabla 46.

Tabla 46. Costos del sistema de almacenamiento en los laboratorios de termodinámica.

	Concepto	Costo	I. V. A.	Subtotal
Preliminares	Trazo y nivelación de terreno	\$263.68	\$ 42.19	\$ 305.87
	Demolición de piedra volcánica	\$27,551.16	\$ 4,408.19	\$ 31,959.35
	Afine de terreno	\$8,441.32	\$ 1,350.61	\$ 9,791.93
	Acarreo de material fuera de la obra	\$21,291.48	\$ 3,406.64	\$ 24,698.12
Obra Civil	Protección de plástico	\$1,559.04	\$ 249.45	\$ 1,808.49
	Malla electrosoldada	\$3,101.84	\$ 496.29	\$ 3,598.13
	Concreto premezclado	\$22,136.28	\$ 3,541.80	\$ 25,678.08
Total =				\$ 97,839.97

Realizando los cálculos necesarios, se tiene un costo en el sistema de almacenamiento de \$ 97,839.97

### 5.3.6 Costos del sistema de bombeo

Para el sistema de bombeo se consideró una bomba centrífuga, la cual tendrá como función principal bombear agua de su lugar de origen a su destino final. El costo del sistema se muestra en la tabla 47.

Sistema	Componente	Costo
Bombeo	Bomba (1 Hp)	\$ 1,280.00

Tabla 47. Costo del sistema de bombeo en los laboratorios de termodinámica.

Como se puede observar, el costo para el sistema de bombeo es de \$ 1,280.00 pesos, considerándola de una potencia de 1 Hp.

### 5.4 Costos geomembrana

Para efectos de esta propuesta, se tomó en consideración que la geomembrana que contendrá el agua captada cumpla las siguientes características:

1. Las materias primas deben garantizar características constantes y óptima durabilidad.
2. Resistente al hinchado, putrescibilidad y deterioro.

3. Elevado nivel de estanqueidad, incluso bajo deformación permanente.
4. Elevada capacidad de adaptación a las irregularidades del soporte.
5. Alta deformabilidad y elevada resistencia de sus adhesivos.
6. Resistencia a la perforación

La geomembrana “Alkorplan”, misma que fue empleada en el sistema de captación del CIDECALLI, cumple con las especificaciones técnicas para ser empleada en este tipo de instalaciones, ver tabla 48.

Características técnicas	Normas	Unidades	Valores Nominales
Densidad	DIN 53479 ISO 1183-87	g/cm <sup>3</sup>	1,32 ± 0,05
Resistencia a la rotura	DIN 53455 ISO 527-1	N/mm <sup>2</sup>	L ≥ 15
Alargamiento a la rotura	DIN 53455	%	L ≥ 275 T ≥ 275
Resistencia al desgarro	DIN 53363	N/mm	L ≥ 80 T ≥ 80
Dureza	DIN 53505	Shore A 10	≥ 70
Doblado al frío	DIN 53361	°C	A -20 sin fisuras
Estabilidad Emocional	DIN 53377	%	≤ 2

Tabla 48. Especificaciones de la membrana “Alkorplan”.  
Fuente: Alkor Draka Iberica

El precio por metro cuadrado de la geomembrana marca Alkorplan a Enero de 2012 es de \$ 175.00 MXN.

El costo de instalación por metro cuadrado de la geomembrana marca Alkorplan a Enero de 2012 es de \$ 280.00 MXN.

En la tabla 49 se muestran los costos totales de la geomembrana Alkorplan para cada uno de los edificios.

Biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell			C.D.M y Lab. química			Lab. termodinámica		
Área (m <sup>2</sup> )	Costo geomembrana (\$ MXN)	Costo de instalación (\$ MXN)	Área (m <sup>2</sup> )	Costo geomembrana (\$ MXN)	Costo de instalación (\$ MXN)	Área (m <sup>2</sup> )	Costo geomembrana (\$ MXN)	Costo de instalación (\$ MXN)
176	30,800.00	49,280.00	300	52,500.00	84,000.00	85	14,875.00	23,800.00
<b>Total (\$ MXN)</b>	<b>80,080.00</b>		<b>Total (\$ MXN)</b>	<b>136,500.00</b>		<b>Total (\$ MXN)</b>	<b>38,675.00</b>	

Tabla 49. Costos de la geomembrana por sistema de captación.

En la tabla 49 se muestra el costo total de la geomembrana para cada cisterna. El costo total incluye el precio de materia prima e instalación por metro cuadrado.

## 5.5 Análisis de costos

En las Tablas 50 y 50.1 se muestra la comparación entre los costos de los sistemas de captación a implementarse en los edificios de estudio, desglosados en sus respectivos componentes.

Cabe aclarar que en el presente análisis, los laboratorios de Química y los laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez (C.D.M.) se considera como un solo sistema por la colindancia entre ambos edificios.

Sistemas	Accesorios	Biblioteca	Lab. química	C.D.M.	Lab. termodinámica
Captación	Techo	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Conducción	Tubo 160 mm				
	Tee H-H-H 160 mm				
	Abrazadera 160 mm				
	Soporte para techo				
	Yee H-H-H 160 mm				
	Tapón 160 mm				
	Codo 87H-H 87x160 mm	\$ 12,523.93	\$ 22,656.66	\$ 15,667.70	\$ 23,196.96
	Codo 45 H-H 45x160 mm				
	Válvula				
	Reducción excéntrica 160x110				
	Tubo 110 mm (6m c/u)				
	Reducción excéntrica 110x50				
	Tubo 50 mm (6m c/u)				
Codo 87H-H 87x50 mm					
Pegamento					
Filtrado	Coladera de patio	\$ 1,440.00	\$ 11,840.00	\$ 7,290.00	\$ 11,840.00
	Filtro jumbo				
Sedimentador	Cisterna 10,000 Lts	\$ 18,770.00	\$ 18,770.00		\$ 18,770.00
Almacenamiento	Cisterna construida	\$ 171,680.73	\$ 332,904.32		\$ 97,839.97
	Geomembrana Arkorplan	\$ 80,080.00	\$ 136,500.00		\$ 38,675.00
Bombeo	Bomba	\$ 1,280.00	\$ 1,280.00		\$ 1,280.00
Total por sistema =		\$ 285,774.66	\$ 546,908.67		\$ 191,601.92
Costo total =		\$ 1,024,285.25			

Tabla 50. Comparación de costos.



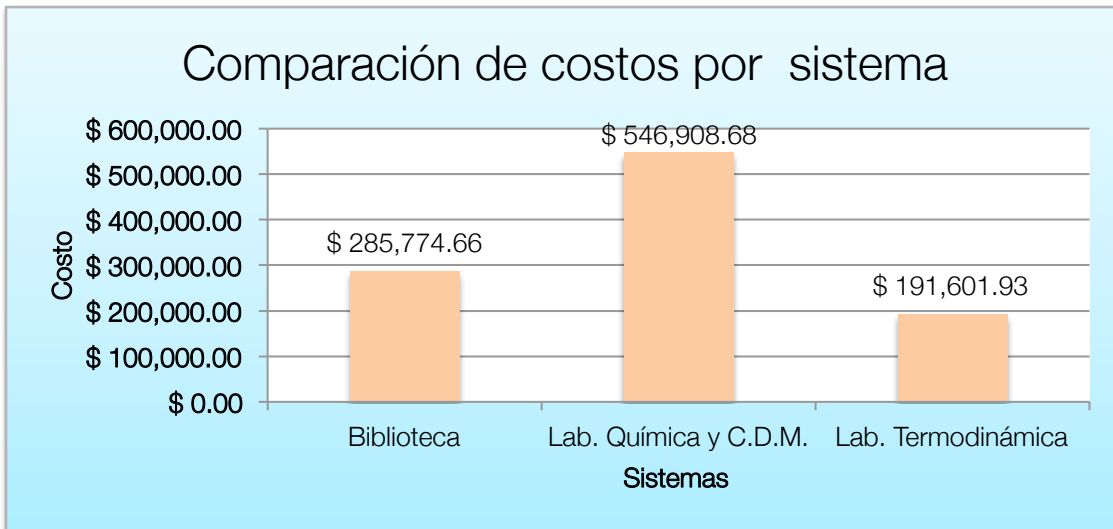


Tabla 50.1. Comparación de costos por sistema.

En la tabla 51 se observa la comparación porcentual entre los diferentes sistemas para cada uno de los edificios.

Sistemas	Porcentaje de costos (%)			
	Biblioteca	Lab. química	CDM	Lab. termodinámica
Captación	0.0	0.0	0.0	0.0
Conducción	1.2	2.2	1.5	2.3
Filtrado	0.1	1.2	0.7	1.2
Sedimentador	1.8	1.8		1.8
Almacenamiento	24.6	45.8		13.3
Bombeo	0.1	0.1		0.1
Total	100.0			

Tabla 51. Comparación porcentual de costos.

Con base a la tabla anterior, se puede observar que la mayor parte de los costos se destinan para la construcción del sistema de almacenamiento con un porcentaje de 83.7%, el sistema de conducción tiene alrededor de un 7.2%, el sistema de conducción con alrededor de 5.4%, el siguiente sistema es el filtración con un 3.2%, el sistema de bombeo de 0.1%, mientras que el sistema de captación no representa costo alguno. Ver tabla 56.

La mayor parte del presupuesto total de los sistemas de captación se destina a la construcción del sistema de almacenamiento debido a las condiciones geológicas de Ciudad Universitaria, que está constituido principalmente de roca volcánica y requiere una mayor cantidad de mano de obra y maquinaria para las actividades de obras preliminares y obra civil.

## Conclusiones

La creciente escasez del agua, su uso y explotación irracional, constituye un problema prioritario que la generación presente deberá resolver a la brevedad. La relación conflictiva y poca virtuosa entre el uso del agua, su evaluación económica y apreciación ecológica nos está conduciendo en el mediano plazo a situaciones inmanejables y sin salida.

En el marco del Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (PUMAGUA) de la UNAM, que establece como uno de sus principales objetivos el disminuir en un 50% el consumo de agua potable en el campus de Ciudad Universitaria, es menester aplicar mecanismos en educación y participación eficaces que involucren a la población de forma crucial.

Bajo esta premisa el presente trabajo de tesis pretende coadyuvar al logro de dichos objetivos, mediante el desarrollo de sistemas de captación artificial de aguas pluviales en cuatro edificios del conjunto sur de la Facultad de Ingeniería.

Los sistemas de captación pluvial han demostrado ser una alternativa viable para el desarrollo sustentable capaz de compensar el desabasto de agua en temporadas de estiaje.

Existen proyectos similares implementados en instituciones educativas y dependencias de gobierno que están arrojando excelentes resultados. Uno de ellos es el Colegio de Postgraduados en el Municipio de Texcoco de Mora en el Estado de México, quien ha logrado abastecer de agua potable a todo el campus, además de emplear el agua recolectada para fines de riego en sus áreas verdes.

El Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, cuenta con un sistema de captación pluvial cuyos beneficios del sistema se traducen en un ahorro del 30% de agua en los mingitorios. En términos monetarios esto representó una disminución del 50% para el ICyTDF en los pagos por servicio de agua potable.

Ciudad Universitaria se encuentra localizado en una de las zonas con mayor precipitación pluvial en el Distrito Federal, lo cual es una condición propicia para el desarrollo de sistemas de captación pluvial como el propuesto en el presente trabajo para edificios de la Facultad de Ingeniería, en el que se aprovechan las condiciones geométricas y superficiales de los edificios que son objetos de estudio y que representan un área de oportunidad para desarrollar un programa piloto que pueda ser aplicado en varios edificios del campus, disminuyendo el volumen de agua potable usada en aplicaciones no potables (sanitarios, usos de laboratorio) o de consumo humano.

Los costos por implementar 3 sistemas de captación es de \$ 1,024,285.00, cantidad que se amortiza a mediano plazo, además de ser un proyecto relativamente económico y que genera grandes beneficios a la comunidad universitaria que hace uso de dichas instalaciones.

Implementar sistemas de captación pluvial en los edificios **G y H**: Laboratorios de Ciencias Básicas, **L**: Biblioteca Enrique Rivero Borrell y el edificio **O**: Centro de Diseño Mecánico y de Innovación Tecnológica (CDMIT), Laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica M.I. Alberto Camacho Sánchez, permitirá sustituir en un 80% de los días del año el consumo directo de la red de agua potable de Ciudad Universitaria.

La cantidad de agua recolectada en la temporada de lluvias permitirá un suministro promedio de 152 litros por persona al día, cantidad que se encuentra dentro del promedio recomendado por la Organización Mundial de la Salud que es de 150 litros. Los usos de agua que se requieren en los edificios G, H, L y O, se limitan a actividades de carácter docente, de laboratorio y sanitarios.

Estadísticamente cada alumno, personal docente y administrativo, en promedio emplea 5 litros al hacer uso de los sanitarios, lo cual genera un superávit de 145 litros por persona al día, por lo que el excedente del líquido podría ser empleado en el riego de áreas verdes o iniciar un proceso de potabilización.

La implementación de éstos sistemas resolverían problemas fundamentales respecto al suministro y abasto del líquido que evitaría colocar al campus en una situación de vulnerabilidad ocasionado por la escases del recurso, aunado a que con ello se cubrirían, al mismo tiempo objetivos de sustentabilidad en Ciudad Universitaria.

## Glosario

**Abrazadera 160 mm.** Accesorio que permite el acoplamiento de tubos, de 160 mm de diámetro.

**Advenimiento:** Es la llegada de un acontecimiento importante o de una época.

**Aguas superficiales:** El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forma ríos, lagos, lagunas, pantanos, humedales, etc.

**Área de captación:** es la superficie sobre la cual cae la lluvia; solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en  $m^2$ .

**Captación pluvial:** Sistema en el que el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior.

**Canaleta:** (construcción) Tubo para desaguar el agua de lluvia desde los tejados hasta la calle.

**Carta hidrográfica:** Recopilación y representación de los datos relativos de los océanos, las costas, las mareas y las corrientes, de manera que se puedan plasmar sobre un mapa.

**Codo 45 H-H 45x160 mm.** Accesorio de PVC para conexiones, con terminaciones hembra, de 160 mm de diámetro, con ángulo de 45 grados.

**Codo 87H-H 87x160 mm.** Accesorio de PVC para conexiones, con terminaciones hembra, de 160 mm de diámetro, con ángulo de 90 grados.

**Coefficiente de escurrimiento:** Es la relación del caudal que fluye sobre el terreno, al caudal llovido.

**Cribado:** Limpiar una cosa de impurezas y partículas gruesas.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/l.

**Desarenadores:** son estructuras hidráulicas que tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar.

**Escurrecimiento superficial:** Es la porción de la precipitación que fluye hacia los arroyos, canales, ríos, lagos u océanos como corriente superficial.

**Energía de Bombeo:** Cantidad de trabajo necesario para transportar a través de tuberías fluidos newtonianos incompresibles.

**Factor de ajuste:** Cifra que ayuda a disminuir el margen de error para obtener un resultado más preciso.

**Fungibles:** Adj. Que se gasta con el uso.

**Geomembranas:** Material de baja permeabilidad, en forma de lámina prefabricada, que cumple con el propósito de reducir y prevenir el flujo de líquidos y vapores a través del enterramiento. Se usa en la construcción de fosas para vertederos controlados.

**Hidrografía:** Es una ciencia que se ocupa de la descripción y estudio sistemático de los diferentes cuerpos de agua, en especial, de las aguas continentales.

**Humus:** Es un producto que resulta de la desintegración de materia orgánica (animales y vegetales) logrando de esta manera la fertilización de los suelos. Este proceso en la naturaleza es tan lento que se requiere años para su obtención.

**Isoyeta:** Se define como una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos (representación de una estación meteorológica), donde se registra igual cantidad de precipitación.

**PEAD:** Polietileno de alta densidad; es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno.

**Pecuario:** El término empleado para referirse a la actividad económica de la ganadería.

**Procesos geológicos:** Todos los procesos físicos que actúan en la superficie o en la corteza terrestres. Los procesos geológicos pueden dividirse en los que se originan en el interior de la Tierra y los que lo hacen en su parte externa.

**PVC:** Policloruro de vinilo o PVC es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C. Es estable e inerte por lo que se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad.

**SAAM:** Sustancias activas al azul de metileno.

**SCALL:** Sistema de Captación de Agua de Lluvia

**Sedimentador:** El objetivo de esta unidad es retirar los sólidos sedimentables que contiene un líquido.

**Sistema de conducción:** Conjunto de conductos, accesorios y uniones utilizados para coleccionar las aguas pluviales vertidas en el área efectiva de captación, para dirigir las hacia los puntos de tratamiento y almacenamiento para su posterior utilización.

**Sistemas de distribución de agua:** Parte del sistema de abastecimiento de agua que comprende el almacenamiento, conducción, redes de distribución y arranques de agua potable, inclusive la medición, grifos públicos, u otros.

**Sistema de filtración:** Los sistemas de filtración tratan el agua pasándola a través de lechos de materiales granulares que retiran y retienen los contaminantes.

**Sistema de purificación:** Conjunto de elementos cuyo objetivo es la eliminación de impurezas en el agua, elevando su calidad para el consumo humano.

**Soporte para techo.** Accesorio que permite sujetar el tubo a la superficie.

**Tee H-H-H 160 mm.** Accesorio de PVC para conexiones, con terminaciones hembra, de 160 mm de diámetro.

**Yee H-H-H 160 mm.** Accesorio de PVC para conexiones, con terminaciones hembra, de 160 mm de diámetro.



# Anexos.

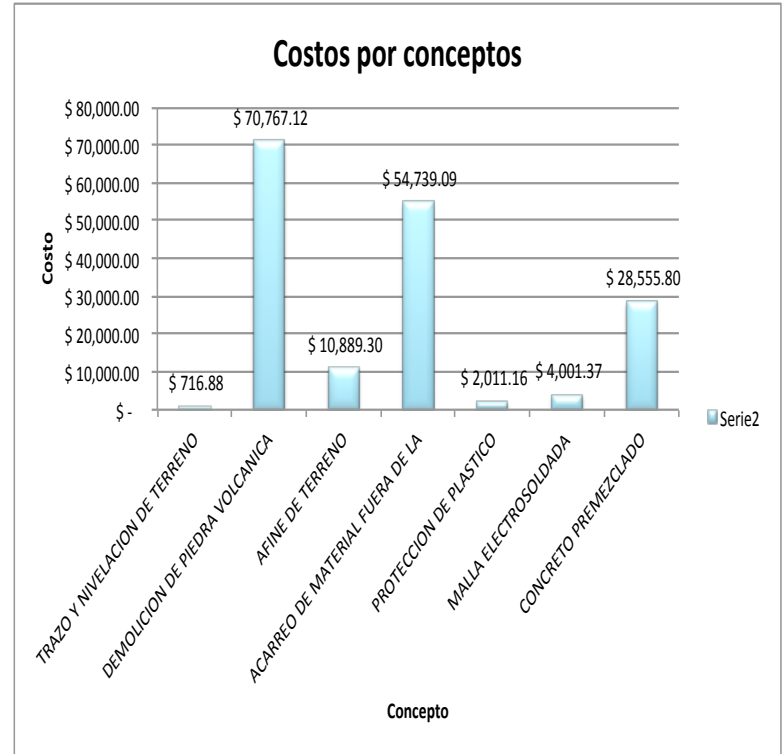
## Anexo 1. Presupuesto de obra, construcción de cisterna – costos directos; biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

### PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
<b>A</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
1.10	TRAZO Y NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA DEL TERRENO PARA ESTRUCTURAS, ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS PARA SUPERFICIES MENORES A 400.00 M <sup>2</sup>	M2	150.0000	\$ 4.12	\$ 618.00	
1.11	DEMOLICION DE TERRENO, FORMADO DE PIEDRA VOLCANICA HASTA 3.00 MTS .DE PROFUNDIDAD, POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: MAQUINARIA, FLETES, MANIOBRAS, OPERADOR, COMBUSTIBLES Y HERRAMIENTA.	M3	279.0000	\$ 218.66	\$ 61,006.14	
1.14	AFINE DE TALUDES Y FONDO POR MEDIOS MANUALES, INCLUYE: EXTRACCIÓN EN BOTE DE 18.00 LTS., ACARREO DE MAT. PROD. DEL AFINE A LUGAR DE ACOPIO, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA	M2	129.0000	\$ 72.77	\$ 9,387.33	
1.15	CARGA Y ACARREO DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES , FUERA DE LA PLANTA, CARGA POR MEDIOS MECÁNICOS (CARGADOR FRONTAL) CAMIÓN DE VOLTEO 7.00 M3. TIRO LIBRE, INCLUYE: MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	M3	390.9600	\$ 120.70	\$ 47,188.87	
	Total de PRELIMINARES				\$ 118,200.34	
<b>B</b>	<b>OBRA CIVIL</b>					
1.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLASTICO EN COLOR NEGRO PARA PROTECCION DEL FONDO Y MUROS PARA EVITAR QUE EL CONCRETO SE FILTRE POR LA POROSIDAD DEL TERRENO DE PIEDRA VOLCANICA, INCLUYE: TRASLAPES, ACARREOS, DEPERDICIOS, FIJACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	M2	129.0000	\$ 13.44	\$ 1,733.76	
1.13	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA 6 6/10-10, ANCLADA CON VARILLA DEL No. 4 (1/2") DE 30 CMS. DE LONG. A CADA METRO Y A TRES BOLILLO. INCLUYE: SUMINISTRO DE TODOS LOS MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, COLOCACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	129.0000	\$ 26.74	\$ 3,449.46	
1.22	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEABLE F'C = 250 KG/CM2. RESISTENCIA NORMAL EN LOSA FONDO Y MUROS MUROS COLOCADO CON LANZADORA DE CONCRETO , INCLUYE: SUM. DE LOS MATERIALES, MAQUINA LANZADORA DE CONCRETO, COLADO, VIBRADO, CURADO, DESPERDICIOS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	M3	15.4800	\$ 1,590.25	\$ 24,617.07	
	Total DE OBRA CIVIL				\$ 29,800.29	
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$148,000.63</b>	
	I.V.A. 16.00%				<b>\$23,680.10</b>	
	Total del presupuesto				<b>\$171,680.73</b>	

Código	Importe	Importe con Iva	Subtotal
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO	\$ 618.00	\$ 98.88	\$ 716.88
DEMOLICION DE PIEDRA VOLCANICA	\$ 61,006.14	\$ 9,760.98	\$ 70,767.12
AFINE DE TERRENO	\$ 9,387.33	\$ 1,501.97	\$ 10,889.30
ACARREO DE MATERIAL FUERA DE LA OBRA	\$ 47,188.87	\$ 7,550.22	\$ 54,739.09
PROTECCION DE PLASTICO	\$ 1,733.76	\$ 277.40	\$ 2,011.16
MALLA ELECTROSOLDADA	\$ 3,449.46	\$ 551.91	\$ 4,001.37
CONCRETO PREMEZCLADO	\$ 24,617.07	\$ 3,938.73	\$ 28,555.80

\$ 171,680.73



## Anexo 1.2. Presupuesto de obra – construcción de cisterna – costos directos; biblioteca Mtro. Enrique Rivero Borrell

### EXPLOSIÓN DE INSUMOS POR CONCEPTOS

#### TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
3	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	3.0000	12.2400	36.7200
ACEITE	ACEITE	LTO	0.0014	45.0000	0.0608
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	0.0188	15.0000	0.2813
ARENA	ARENA	M3	0.0413	200.0000	8.2500
CAL	CALHIDRA	TON	0.0300	950.0000	28.5000
CEMENTOG	CEMENTO GRIS	TON	0.0195	2,100.0000	40.9500
DUELA	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	3.0000	45.0000	135.0000
GASOLINA	GASOLINA	LTO	0.0455	8.1400	0.3700
GRAVA	GRAVA	M3	0.0488	200.0000	9.7500
MAHILO	HILO CAÑAMO	PZA	0.1500	18.2000	2.7300
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.0063	516.2100	3.2521
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	0.3750	374.6200	140.4825
MO011	PEON	JOR	0.0312	360.8500	11.2585
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	0.0047	555.0300	2.5809
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.0021	582.6100	1.2235
MO092	TOPOGRAFO	JOR	0.3750	468.1600	175.5600
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	10.5000	-	10.5000
CFREV	REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1 SACO 8 DE HP	HOR	0.0375	3.4500	0.1294
CFTRAN	TRANSITO Y ESTADALES	HOR	6.0000	1.9900	11.94
					<b>619.54</b>

#### DEMOLICION DE PIEDRA VOLCANICA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	79.6500	45.0000	3,584.2516
DIESEL	DIESEL	LTO	2,657.0699	8.5500	22,717.9476
LLRETEX225	ORUGA PARA RETROEXCAVADORA CAT-235	JGO	0.0181	66,950.0000	1,214.1383
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	5.5800	555.0300	3,097.0674
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	11.2501	675.7000	7,601.7041
MO094	SOBRESTANTE	JOR	0.5580	696.1300	388.4405
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	103.2300	-	103.2300
CFMARETRO	MARTILLO P/RETRO EXCAVADORA	PZA	90.0001	45.4200	4,087.8045
CFRETEX225	RETROEXCAVADORA CAT. 235 195 HPS/ORUGA	HOR	90.0001	202.4500	18,220.5200
					<b>61,015.10</b>

#### AFINE DE TERRENO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	0.9649	45.0000	43.4214
GASOLINA	GASOLINA	LTO	34.3739	8.1400	279.8032
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	7.1667	360.8300	2,585.9690
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	3.5475	555.0300	1,968.9689
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.7167	582.6100	417.5706
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	90.3000	-	90.3000
CFBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HR	425.7000	9.4000	4,001.5800
					<b>9,387.61</b>

#### ACARREO DE MATERIAL FUERA DE LA OBRA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	60.9331	45.0000	2,741.9882
DIESEL	DIESEL	LTO	2,064.2981	8.5500	17,649.7489
LLMION	LLANTAS CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	JGO	0.0977	9,270.0000	906.0498
LLTRAXC	LLANTAS CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	JGO	0.0031	20,600.0000	64.4302
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	24.4350	555.0300	13,562.1581
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	0.8144	675.7000	550.2696
CFMION	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	195.4800	55.7800	10,903.8744
CFTRAXC	CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	6.5161	123.4800	804.6118
					<b>47,183.13</b>

#### PROTECCION DE PLASTICO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
MACINTA	CINTA PLASTICA	PZA	8.6000	16.4800	141.7287
MAPLAST	PLASTICO	M2	129.0000	8.0000	1,032.0000
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.6450	360.8300	232.7354
MO064	OFICIAL COLOCADOR	JOR	0.6450	422.5600	272.5512
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.0645	582.6100	37.5783
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	18.0600	-	18.0600
					<b>1,734.65</b>

#### MALLA ELECTROSOLDADA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
1	ALAMBRE RECOCIDO	KG	3.2250	13.4400	43.3440
661010	MALLA ELECTROSOLDADA 6x6/10-10	M2	141.9000	13.2700	1,883.0130
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.5177	360.8300	547.6263
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	1.5177	554.9300	842.2089
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.1517	582.6100	88.3843
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	43.8600	-	43.8600
					<b>3,448.44</b>

#### CONCRETO PREMEZCLADO

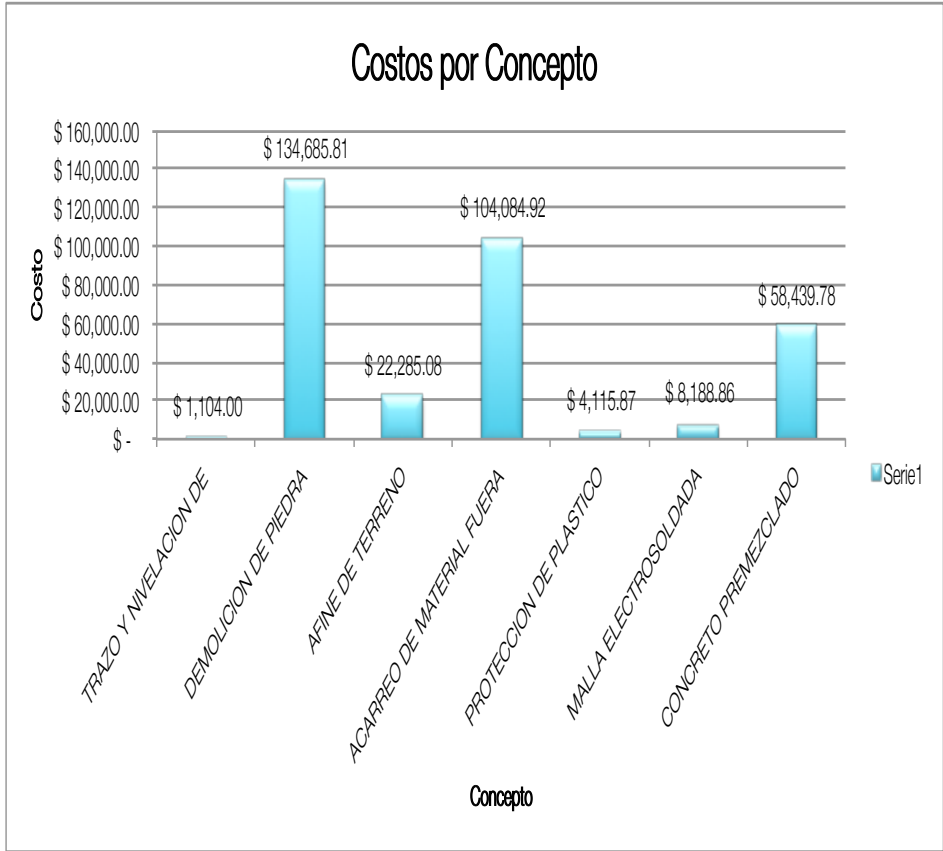
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	0.4799	45.0000	21.5946
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	0.6192	15.0000	9.2880
CP12	CONCRETO PREM. C-1, F''c=250 KG/CM2, NOR	M3	15.7896	1,100.0000	17,368.5600
CP60	LANZADORA DE CONCRETO	HOR	15.7896	100.8000	1,591.5917
CP76	REVENIMIENTO DE 18+-3.5 PARA BOMBEABLES	M3	15.7896	100.8000	1,591.5917
GASOLINA	GASOLINA	LTO	4.6873	8.1400	38.1550
MACOM	MUESTREO DE CONCRETO	PZA	2.5800	226.6000	584.6292
MO011	PEON	JOR	5.5286	360.8500	1,994.9858
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	1.1057	516.2100	570.7842
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	0.9675	555.0300	536.99
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.3649	582.6100	212.5822
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	83.2824	-	83.2824
CFVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	7.7400	1.6600	12.8484
					<b>24,616.8846</b>

**Anexo 2. Presupuesto de obra, construcción de cisterna – costos directos; laboratorios y talleres de Ingeniería Mecánica, M. I. Alberto Camacho Sánchez y laboratorios de Química**

**PRESUPUESTO DE OBRA**

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
<b>A</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
1.10	TRAZO Y NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA DEL TERRENO PARA ESTRUCTURAS, ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS PARA SUPERFICIES MENORES A 400.00 M <sup>2</sup>	M2	231.0000	\$ 4.12	\$ 951.72	
1.11	DEMOLICION DE TERRENO, FORMADO DE PIEDRA VOLCANICA HASTA 3.00 MTS .DE PROFUNDIDAD, POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: MAQUINARIA, FLETES, MANIOBRAS, OPERADOR, COMBUSTIBLES Y HERRAMIENTA.	M3	531.0000	\$ 218.66	\$ 116,108.46	
1.14	AFINE DE TALUDES Y FONDO POR MEDIOS MANUALES, INCLUYE: EXTRACCIÓN EN BOTE DE 18.00 LTS., ACARREO DE MAT. PROD. DEL AFINE A LUGAR DE ACOPIO, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA	M2	264.0000	\$ 72.77	\$ 19,211.28	
1.15	CARGA Y ACARREO DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES , FUERA DE LA PLANTA, CARGA POR MEDIOS MECÁNICOS (CARGADOR FRONTAL) CAMIÓN DE VOLTEO 7.00 M3. TIRO LIBRE, INCLUYE: MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	M3	743.4000	\$ 120.70	\$ 89,728.38	
	<b>Total de PRELIMINARES</b>				<b>\$ 225,999.84</b>	
<b>B</b>	<b>OBRA CIVIL</b>					
	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLASTICO EN COLOR NEGRO PARA PROTECCION DEL FONDO Y MUROS PARA EVITAR QUE EL CONCRETO SE FILTRE POR LA POROSIDAD DEL TERRENO DE PIEDRA VOLCANICA, INCLUYE: TRASLAPES, ACARREOS, DEPERDICIOS, FIJACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	M2	264.0000	\$ 13.44	\$ 3,548.16	
1.13	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA 6 6/10-10, ANCLADA CON VARILLA DEL No. 4 (1/2") DE 30 CMS. DE LONG. A CADA METRO Y A TRES BOLILLO. INCLUYE: SUMINISTRO DE TODOS LOS MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, COLOCACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	264.0000	\$ 26.74	\$ 7,059.36	
1.22	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEABLE F'C = 250 KG/CM2. RESISTENCIA NORMAL EN LOSA FONDO Y MUROS MUROS COLOCADO CON LANZADORA DE CONCRETO , INCLUYE: SUM. DE LOS MATERIALES, MAQUINA LANZADORA DE CONCRETO, COLADO, VIBRADO, CURADO, DESPERDICIOS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	M3	31.6800	\$ 1,590.25	\$ 50,379.12	
	<b>Total DE OBRA CIVIL</b>				<b>\$ 60,986.64</b>	
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$286,986.48</b>	
	<b>I.V.A. 16.00%</b>				<b>\$45,917.84</b>	
	<b>Total del presupuesto</b>				<b>\$332,904.32</b>	

Concepto	Importe	IVA	Subtotal
TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO	\$ 951.72	\$ 152.28	\$ 1,104.00
DEMOLICION DE PIEDRA VOLCANICA	\$ 116,108.46	\$ 18,577.35	\$ 134,685.81
AFINE DE TERRENO	\$ 19,211.28	\$ 3,073.80	\$ 22,285.08
ACARREO DE MATERIAL FUERA DE LA OBRA	\$ 89,728.38	\$ 14,356.54	\$ 104,084.92
PROTECCION DE PLASTICO	\$ 3,548.16	\$ 567.71	\$ 4,115.87
MALLA ELECTROSOLDADA	\$ 7,059.36	\$ 1,129.50	\$ 8,188.86
CONCRETO PREMEZCLADO	\$ 50,379.12	\$ 8,060.66	\$ 58,439.78
<b>Total</b>			<b>\$ 332,904.32</b>



**Anexo 2.2.** Presupuesto de Obra Construcción de Cisterna – Costos Directos; Laboratorios y Talleres de Ingeniería Mecánica, M. I. Alberto Camacho Sánchez y Laboratorios de química

**EXPLOSION DE INSUMOS POR CONCEPTOS**

**TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
3	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	4.6200	12.2400	56.5488
ACEITE	ACEITE	LTO	0.0021	45.0000	0.0936
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	0.0289	15.0000	0.4331
ARENA	ARENA	M3	0.0635	200.0000	12.7050
CAL	CALHIDRA	TON	0.0462	950.0000	43.8900
DUELA	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	4.6200	45.0000	207.9000
CEMENTOG	CEMENTO GRIS	TON	0.0300	2,100.0000	63.0630
GASOLINA	GASOLINA	LTO	0.0700	8.1400	0.5697
GRAVA	GRAVA	M3	0.0751	200.0000	15.0150
MAHILO	HILO CAÑAMO	PZA	0.2310	18.2000	4.2042
MO011	PEON	JOR	0.0480	360.8500	17.3381
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	0.5775	374.6200	216.3431
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.0097	516.2100	5.0083
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	0.0072	555.0300	3.9746
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.0032	582.6100	1.8842
MO092	TOPOGRAFO	JOR	0.5775	468.1600	270.3624
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	16.1700	-	16.1700
CFREV	REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1 SACO 8 DE HP	HOR	0.0578	3.4500	0.1992
CFTRAN	TRANSITO Y ESTADALES	HOR	9.2400	1.9900	18.39
					<b>954.09</b>

**DEMOLICION DE PIEDRA VOLCANICA**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	151.5920	45.0000	6,821.6402
DIESEL	DIESEL	LTO	5,057.0040	8.5500	43,237.3841
LLRETEX225	ORUGA PARA RETROEXCAVADORA CAT-235	JGO	0.0345	66,950.0000	2,310.7793
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	10.6200	555.0300	5,894.4186
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	21.4115	675.7000	14,467.7593
MO094	SOBRESTANTE	JOR	1.0620	696.1300	739.2901
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	196.4700	-	196.4700
CFMARETRO	MARTILLO P/RETRO EXCAVADORA	PZA	171.2905	45.4200	7,780.0150
CFRETEX225	RETROEXCAVADORA CAT. 235 195 HRS/ORUGA	HOR	171.2905	202.4500	34,677.7640
					<b>116,125.52</b>

**AFINE DE TERRENO**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	1.9747	45.0000	88.8624
GASOLINA	GASOLINA	LTO	70.3465	8.1400	572.6205
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	14.6668	360.8300	5,292.2157
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	7.2600	555.0300	4,029.5178
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	1.4668	582.6100	854.5630
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	184.8000	-	184.8000
CFBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HR	871.2000	9.4000	8,189.2800
					<b>19,211.86</b>

**ACARREO DE MATERIAL FUERA DE LA OBRA**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	115.8626	45.0000	5,213.8173
DIESEL	DIESEL	LTO	3,925.2078	8.5500	33,560.5263
LLMION	LLANTAS CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	JGO	0.1859	9,270.0000	1,722.8295
LLTRAXC	LLANTAS CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	JGO	0.0059	20,600.0000	122.5123
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	46.4625	555.0300	25,788.0814
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	1.5485	675.7000	1,046.3229
CFMION	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	371.7000	55.7800	20,733.4260
CFTRAXC	CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	12.3902	123.4800	1,529.9478
					<b>89,717.46</b>

**PROTECCION DE PLASTICO**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
MACINTA	CINTA PLASTICA	PZA	17.6001	16.4800	290.0495
MAPLAST	PLASTICO	M2	264.0000	8.0000	2,112.0000
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.3200	360.8300	476.2956
MO064	OFICIAL COLOCADOR	JOR	1.3200	422.5600	557.7792
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.1320	582.6100	76.9045
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	36.9600	-	36.9600
					<b>3,549.99</b>

**MALLA ELECTROSOLDADA**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
1	ALAMBRE RECOCIDO	KG	6.6000	13.4400	88.7040
661010	MALLA ELECTROSOLDADA 6x6/10-10	M2	290.4000	13.2700	3,853.6080
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	3.1060	360.8300	1,120.7235
MO051	OFICIAL FIERRERO	JOR	3.1060	554.9300	1,723.5904
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.3105	582.6100	180.8794
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	89.7600	-	89.7600
					<b>7,057.27</b>

**CONCRETO PREMEZCLADO**

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe
ACEITE	ACEITE	LTO	0.9821	45.0000	44.1936
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	1.2672	15.0000	19.0080
CP12	CONCRETO PREM. C-1, F <sup>c</sup> =250 KG/CM2, NOR	M3	32.3136	1,100.0000	35,544.9600
CP60	LANZADORA DE CONCRETO	HOR	32.3136	100.8000	3,257.2109
CP76	REVENIMIENTO DE 18+-3.5 PARA BOMBEABLES	M3	32.3136	100.8000	3,257.2109
GASOLINA	GASOLINA	LTO	9.5927	8.1400	78.0846
MACOM	MUESTREO DE CONCRETO	PZA	5.2800	226.6000	1,196.4504
MO011	PEON	JOR	11.3143	360.8500	4,082.7616
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	2.2629	516.2100	1,168.1165
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	1.9800	555.0300	1,098.96
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.7467	582.6100	435.0519
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	170.4384	-	170.4384
CFVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	15.8400	1.6600	26.2944
					<b>50,378.7406</b>



### Anexo 3. Presupuesto de obra – costos directos; laboratorios de Termodinámica

#### PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
<b>A</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
1.10	TRAZO Y NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA DEL TERRENO PARA ESTRUCTURAS, ESTABLECIENDO EJES Y REFERENCIAS PARA SUPERFICIES MENORES A 400.00 M <sup>2</sup>	M2	64.0000	\$ 4.12	\$ 263.68	
1.11	DEMOLICION DE TERRENO, FORMADO DE PIEDRA VOLCANICA HASTA 3.00 MTS .DE PROFUNDIDAD, POR MEDIOS MECANICOS, INCLUYE: MAQUINARIA, FLETES, MANIOBRAS, OPERADOR, COMBUSTIBLES Y HERRAMIENTA.	M3	126.0000	\$ 218.66	\$ 27,551.16	
1.14	AFINE DE TALUDES Y FONDO POR MEDIOS MANUALES, INCLUYE: EXTRACCIÓN EN BOTE DE 18.00 LTS., ACARREO DE MAT. PROD. DEL AFINE A LUGAR DE ACOPIO, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA	M2	116.0000	\$ 72.77	\$ 8,441.32	
1.15	CARGA Y ACARREO DE MATERIAL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES , FUERA DE LA PLANTA, CARGA POR MEDIOS MECÁNICOS (CARGADOR FRONTAL) CAMIÓN DE VOLTEO 7.00 M3. TIRO LIBRE, INCLUYE: MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	M3	176.4000	\$ 120.70	\$ 21,291.48	
	Total de PRELIMINARES				\$ 57,547.64	
<b>B</b>	<b>OBRA CIVIL</b>					
	SUMINISTRO E INSTALACION DE PLASTICO EN COLOR NEGRO PARA PROTECCION DEL FONDO Y MUROS PARA EVITAR QUE EL CONCRETO SE FILTRE POR LA POROSIDAD DEL TERRENO DE PIEDRA VOLCANICA, INCLUYE: TRASLAPES, ACARREOS, DESPERDICIOS, FIJACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA	M2	116.0000	\$ 13.44	\$ 1,559.04	
1.13	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA ELECTROSOLDADA 6 6/10-10, ANCLADA CON VARILLA DEL No. 4 (1/2") DE 30 CMS. DE LONG. A CADA METRO Y A TRES BOLILLO. INCLUYE: SUMINISTRO DE TODOS LOS MATERIALES, ACARREOS, CORTES, DESPERDICIOS, COLOCACION, MANO DE OBRA, EQUIPO Y HERRAMIENTA.	M3	116.0000	\$ 26.74	\$ 3,101.84	
1.22	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CONCRETO PREMEZCLADO BOMBEABLE F'C = 250 KG/CM2. RESISTENCIA NORMAL EN LOSA FONDO Y MUROS MUROS COLOCADO CON LANZADORA DE CONCRETO , INCLUYE: SUM. DE LOS MATERIALES, MAQUINA LANZADORA DE CONCRETO, COLADO, VIBRADO, CURADO, DESPERDICIOS, EQUIPO, HERRAMIENTA Y MANO DE OBRA.	M3	13.9200	\$ 1,590.25	\$ 22,136.28	
	Total DE OBRA CIVIL				\$ 26,797.16	
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$84,344.80</b>	
	I.V.A. 16.00%				<b>\$13,495.17</b>	
	Total del presupuesto				<b>\$97,839.97</b>	



## Anexo 3.2 Presupuesto de obra – costos directos; laboratorios de Termodinámica

### EXPLOSIÓN DE INSUMOS POR CONCEPTOS

TRAZO Y NIVELACION DE TERRENO						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
3	VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	1.2800	12.2400	15.6672	
ACEITE	ACEITE	LTO	0.0006	45.0000	0.0259	
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	0.0080	15.0000	0.1200	
ARENA	ARENA	M3	0.0176	200.0000	3.5200	
CAL	CALHIDRA	TON	0.0128	950.0000	12.1600	
CEMENTOG	CEMENTO GRIS	TON	0.0083	2,100.0000	17.4720	
DUELA	DUELA DE PINO DE 3a DE 3/4"x3.5"x8.25"	PZA	1.2800	45.0000	57.6000	
GASOLINA	GASOLINA	LTO	0.0194	8.1400	0.1579	
GRAVA	GRAVA	M3	0.0208	200.0000	4.1600	
MAHILO	HILO CAÑAMO	PZA	0.0640	18.2000	1.1648	
MO011	PEON	JOR	0.0133	360.8500	4.8036	
MO031	AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	0.1600	374.6200	59.9392	
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.0027	516.2100	1.3876	
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	0.0020	555.0300	1.1012	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.0009	582.6100	0.5220	
MO092	TOPOGRAFO	JOR	0.1600	468.1600	74.9056	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	4.4800	-	4.4800	
CFREV	REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1 SACO 8 DE HP	HOR	0.0160	3.4500	0.0552	
CFTRAN	TRANSITO Y ESTADALES	HOR	2.5600	1.9900	5.09	
					<b>264.34</b>	

#### DEMOLICION DE PIEDRA VOLCANICA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
ACEITE	ACEITE	LTO	35.9710	45.0000	1,618.6943	
DIESEL	DIESEL	LTO	1,199.9670	8.5500	10,259.7183	
LLRETEX225	ORUGA PARA RETROEXCAVADORA CAT-235	JGO	0.0082	66,950.0000	548.3205	
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	2.5200	555.0300	1,398.6756	
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	5.0807	675.7000	3,433.0276	
MO094	SOBRESTANTE	JOR	0.2520	696.1300	175.4248	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	46.6200	-	46.6200	
CFMARETRO	MARTILLO P/RETRO EXCAVADORA	PZA	40.6452	45.4200	1,846.1053	
CFRETEX225	RETROEXCAVADORA CAT. 235 195 HP.S/ORUGA	HOR	40.6452	202.4500	8,228.6220	
					<b>27,555.21</b>	

#### AFINE DE TERRENO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
ACEITE	ACEITE	LTO	0.8677	45.0000	39.0456	
GASOLINA	GASOLINA	LTO	30.9098	8.1400	251.6060	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	6.4445	360.8300	2,325.3675	
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	3.1900	555.0300	1,770.5457	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.6445	582.6100	375.4898	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	81.2000	-	81.2000	
CFBAILAR	BAILARINA DE 4.5 HP	HR	382.8000	9.4000	3,598.3200	
					<b>8,441.57</b>	

#### ACARREO DE MATERIAL FUERA DE LA OBRA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
ACEITE	ACEITE	LTO	27.4928	45.0000	1,237.1770	
DIESEL	DIESEL	LTO	931.4052	8.5500	7,963.5147	
LLMION	LLANTAS CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	JGO	0.0441	9,270.0000	408.8070	
LLTRAXC	LLANTAS CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	JGO	0.0014	20,600.0000	29.0707	
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	11.0250	555.0300	6,119.2058	
MO093	OPERADOR DE MAQUINARIA PESADA	JOR	0.3674	675.7000	248.2800	
CFMION	CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	88.2000	55.7800	4,919.7960	
CFTRAXC	CARGADOR SOBRE LLANTAS CAT 920	HOR	2.9401	123.4800	363.0385	
					<b>21,288.89</b>	

#### PROTECCION DE PLASTICO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
MACINTA	CINTA PLASTICA	PZA	7.7334	16.4800	127.4460	
MAPLAST	PLASTICO	M2	116.0000	8.0000	928.0000	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.5800	360.8300	209.2814	
MO064	OFICIAL COLOCADOR	JOR	0.5800	422.5600	245.0848	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.0580	582.6100	33.7914	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	16.2400	-	16.2400	
					<b>1,559.84</b>	

#### MALLA ELECTROSOLDADA

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
1	ALAMBRE RECOCIDO	KG	2.9000	13.4400	38.9760	
661010	MALLA ELECTROSOLDADA 6x6/10-10	M2	127.6000	13.2700	1,693.2520	
MO021	AYUDANTE GENERAL	JOR	1.3647	360.8300	492.4391	
MO051	OFICIAL FERRERO	JOR	1.3647	554.9300	757.3352	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.1364	582.6100	79.4773	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	39.4400	-	39.4400	
					<b>3,100.92</b>	

#### CONCRETO PREMEZCLADO

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	
ACEITE	ACEITE	LTO	0.4315	45.0000	19.4184	
AGUA	AGUA ( MANEJO)	M3	0.5568	15.0000	8.3520	
CP12	CONCRETO PREM. C-1, F"=250 KG/CM2, NOR	M3	14.1984	1,100.0000	15,618.2400	
CP60	LANZADORA DE CONCRETO	HOR	14.1984	100.8000	1,431.1987	
CP76	REVENIMIENTO DE 18+-3.5 PARA BOMBEABLES	HOR	14.1984	100.8000	1,431.1987	
GASOLINA	GASOLINA	LTO	4.2150	8.1400	34.3099	
MACOM	MUESTREO DE CONCRETO	PZA	2.3200	226.6000	525.7131	
MO011	PEON	JOR	4.9714	360.8500	1,793.9407	
MO041	OFICIAL ALBAÑIL	JOR	0.9943	516.2100	513.2633	
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	0.8700	555.0300	482.88	
MO082	CABO DE OFICIOS	JOR	0.3281	582.6100	191.1592	
%MO1	HERRAMIENTA MENOR	%	74.8896	-	74.8896	
CFVIB	VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	6.9600	1.6600	11.5536	
					<b>22,136.1133</b>	

## Anexo 4 Propuesta de planeación de todo el proyecto

A continuación se muestra el diagrama de Gantt donde, además de mostrarse el avance del proyecto se puede ver el costo de cada concepto por semana.

CONCEPTO	Julio																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
Cisterna no. 1																														
Trazo y nivelación de terreno	■		951.72																											
Excavación y/o demolición de piedra volcánica	■			49,760.77			■			49,760.77			■			16,586.92														
Afine de terreno natural	■			6,403.75			■			6,403.75			■			6,403.78														
Carga y acarreo del mat. producto de la demolición	■							44,864.19							■							44,864.19								
Protección del terreno natural con plástico																						■		3,548.16						
Malla electrosoldada																						■			7,059.36					
Concreto premezclado lanzado f'c= 250 kg/cm <sup>2</sup>																						■			50,379.12			■		
Presupuesto semanal	57,116.24							101,028.71							67,854.89							60,986.64								
Personal y maquinaria necesarias por semana	Topógrafo																													
	Of. Albañil																													
	Ayud. Espec.														Ayud. Espec.							1 of. Colocador								
	2 op. Maq. Mayor							2 op. Maq. Mayor							Ayud. General							1 ayud. General								
	2 retroexcav.							2 retroexcav.							Op. Maq. Menor							1 of. Fierro								
	Cat. 235 (renta)							Cat. 235 (renta)							Bailarina							1 of. Albañil								
	Ayud. General							Ayud. General							2 op. Maq. Mayor							3 peones								
	Op. Maq. Menor							Op. Maq. Menor							2 retroexcav.							1 op. Maq. Menor								
	Bailarina							Bailarina							Cat. 235 (renta)							Maq. Lanzadora conc.								
								2 op. Maq. Menor							2 op. Maq. Menor															
								Cargador frontal							Cargador frontal															
								Camión de volteo							Camión de volteo															

CONCEPTO	Julio											Agosto									
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cisterna no. 2																					
Trazo y nivelación de terreno	263.68																				
Excavación y/o demolición de piedra volcánica	27,551.16																				
Afine de terreno natural	6,403.75																				
Carga y acarreo del mat. producto de la demolición	21,291.48																				
Protección del terreno natural con plástico	1,559.04																				
Malla electrosoldada	3,101.84																				
Concreto premezclado lanzado f'c= 250 kg/cm <sup>2</sup> .	22,136.28																				
	34,218.59											23,329.05				26,797.16					
Topógrafo																					
Of. Albañil																					
Ayud. Espec.																					
1 op. Maq. Mayor												1 op. Maq. Mayor				1 of. Colocador					
1 retroexcav.												1 retroexcav.				1 ayud. General					
Cat. 235 (renta)												Cat. 235 (renta)				1 of. Fierro					
Ayud. General												Ayud. General				1 of. Albañil					
Op. Maq. Menor												Op. Maq. Menor				3 peones					
Bailarina												Bailarina				1 op. Maq. Menor					
1 op. Maq. Menor												1 op. Maq. Menor				Maq. Lanzadora conc.					
Cargador frontal												Cargador frontal									
Camión de volteo												Camión de volteo									

CONCEPTO	Agosto																				
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	12	13	14	15	16	17	18
Cisterna no. 3																					
Trazo y nivelación de terreno		618.00																			
Excavación y/o demolición de piedra volcánica		30,503.07						30,503.07													
Afine de terreno natural		4,693.66						4,693.67													
Carga y acarreo del mat. producto de la demolición		7,078.33						36,099.49							4,011.05						
Protección del terreno natural con plástico															1,733.76						
Malla electrosoldada															3,449.46						
Concreto premezclado lanzado f'c= 250 kg/cm <sup>2</sup> .															24,617.07						
	42,893.06							71,296.23							33,811.34						
Topógrafo																					
Of. Albañil																					
Ayud. Espec.															1 of. Colocador						
1 op. Maq. Mayor								1 op. Maq. Mayor							1 ayud. General						
1 retroexcav.								1 retroexcav.							1 of. Fierro						
Cat. 235 (renta)								Cat. 235 (renta)							1 of. Albañil						
Ayud. General								Ayud. General							3 peones						
Op. Maq. Menor								Op. Maq. Menor							1 op. Maq. Menor						
Bailarina								Bailarina							Maq. Lanzadora conc.						
1 op. Maq. Menor								1 op. Maq. Menor							1 op. Maq. Menor						
Cargador frontal								Cargador frontal							Cargador frontal						
Camión de volteo								Camión de volteo							Camión de volteo						

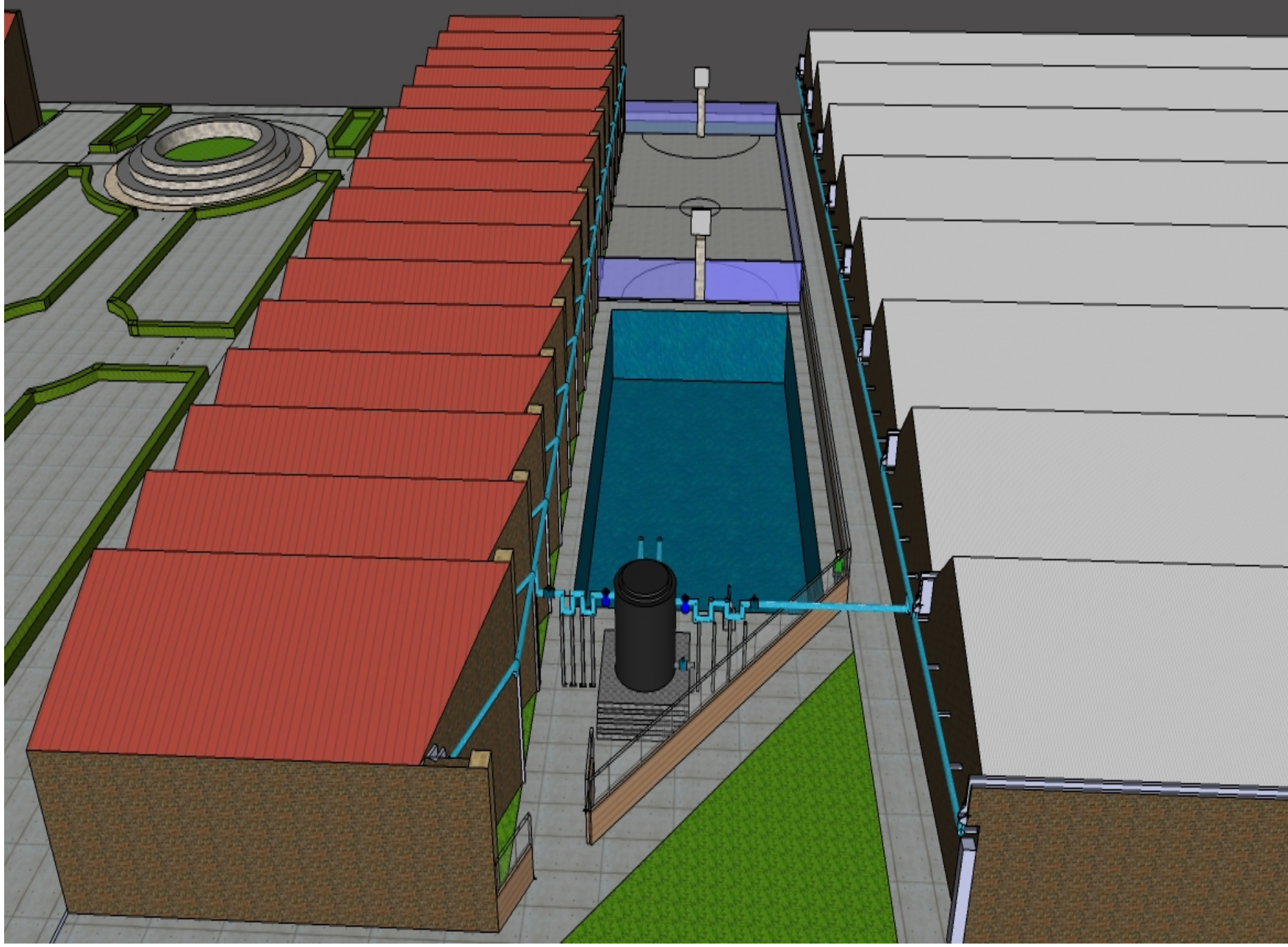


Anexo 5 Vistas generales de las instalaciones (Biblioteca Enrique Rivero Borrell)



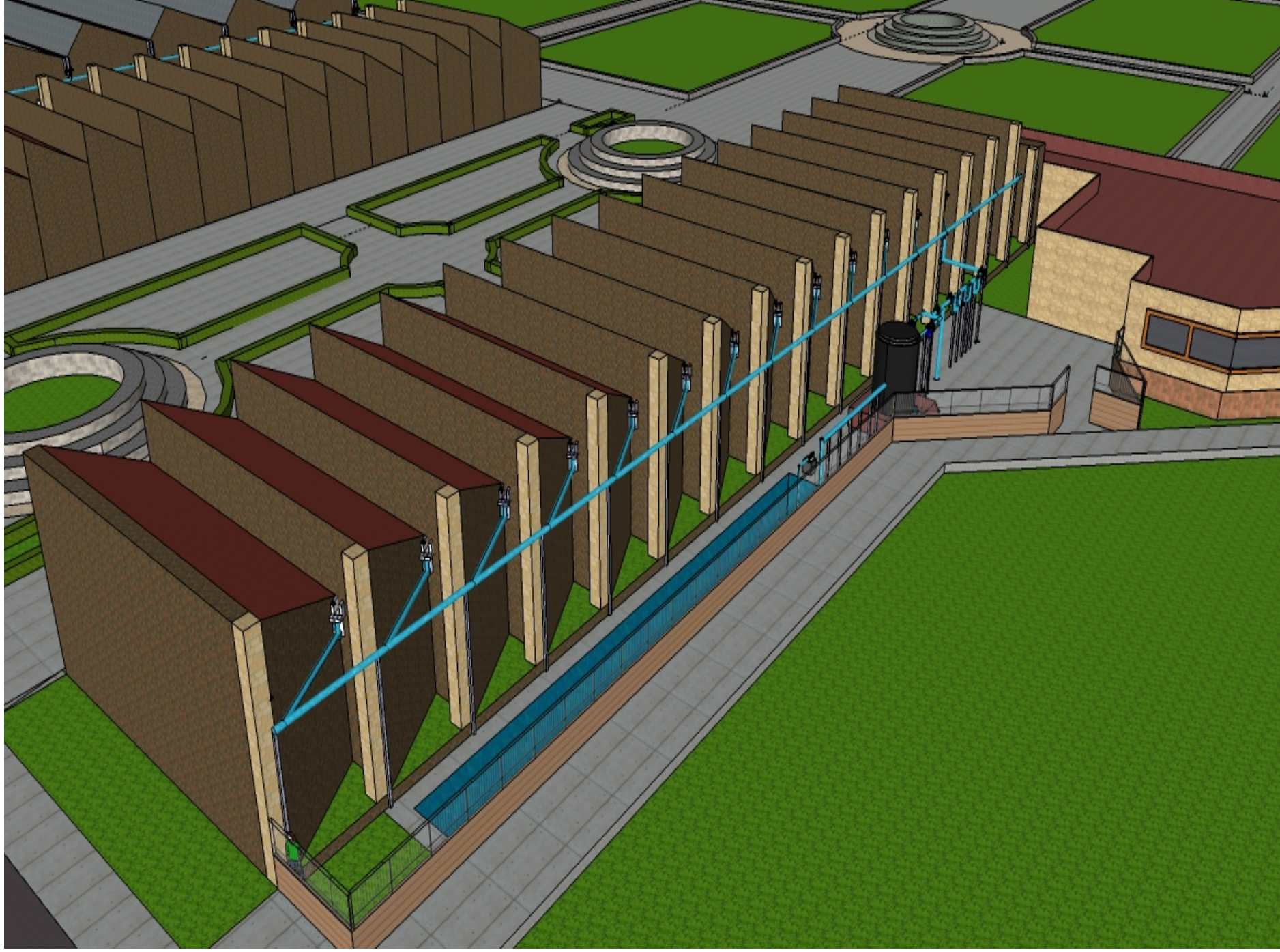


Vista General de las instalaciones (laboratorio de química y CDM





Vista General de las instalaciones (laboratorio de termodinámica)



## Bibliografía.

Medina San Juan José Antonio. Desalación de aguas salobres y de mar: Osmosis Inversa. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. México 2000.

Stanley E. Manahan. Introducción a la química ambiental; Protozoos. Ed. Reverté Ediciones S.A. de C. V. España 2007.

American Water Works Association. Agua: su Calidad y Tratamiento. Agencia para el desarrollo internacional (A.I.D.). México.

Jairo Alberto Romero Rojas. Purificación del agua. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, Segunda edición. Colombia 2006.

Catalá Moreno Fernando. Cálculo de caudales en las redes de saneamiento. Colegio de Ingenieros de Camino, Canales y Puertos. Madrid España.

Wolfgang Pürschel. Tratado del agua y su distribución Tomo 6: El tratamiento de las aguas residuales domesticas (técnicas de depuración). Ed. Urmo.

Wolfgang Pürschel. Tratado general del agua y su distribución Tomo 5: La captación y el almacenamiento del agua potable. Ed. Urmo.

Wolfgang Pürschel. Tratado del agua y su distribución Tomo 3: La calidad de las aguas y su tratamiento. Ed. Urmo, 1982.

Edmund G. Warner. Abastecimiento de agua en las zonas rurales y en las pequeñas comunidades.

García García Carlos, Pérez Ávila Marco Antonio. "Metodología para el diseño de un sistema de captación de agua pluvial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM". Capítulo V.

VILA García Patricia. Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional. Zamora, Michoacán: El Colegio de Michoacán: Secretaría de urbanismo y Medio Ambiente; SEMARNAT/ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003.

C. POTTER MERLE, C. WIGGERT DAVID. Mecánica de Fluidos, Tercera edición,

Fundación Gonzalo Rio Arronte – Fundación Javier Barros Sierra. Prospectiva de la demanda en México 2000-2030. México 2004.

Ferreccio Nosiglia Antonio. Estaciones de bombeos, bombas y motores utilizados en abastecimiento de agua. Lima, Perú, Febrero de 1985.

George Tchobanoglous. Ingeniería de aguas residuales: Redes de alcantarillado y bombeo.

American Water Works Association, Water Quality and Treatment, Regional Technical Aids Center.

Iván Sosa. "Ayuda la lluvia al autoabasto". En: Periódico Reforma, Ciudad de México, 4 de abril del 2004.

Diario Oficial de la Federación. Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de los 188 acuíferos del país: los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización. CNA. México, 31 de enero 2003.

Balance Hidráulico UNAM, Referentes al Informe de Avances PUMAGUA 2009

Acosta Fuentes Isaac. Captación y uso sustentable del agua de lluvia en la Ciudad de México, Trabajo de grado (Maestro en Diseño Industrial). Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado de Diseño Industrial. México Distrito Federal.

García García Carlos. Metodología para el diseño de un sistema de captación de agua pluvial en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. México Distrito Federal 2011

MUJERIEGO R. y i LI. Sala (1998). Comunicaciones de las Jornadas Técnicas: La Gestión del Agua Regenerada. Ed. Consorcio de la Costa Brava. España, Junio 1998.



## Mesografía.

[http://www.paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/leyagua\(30mayo05\).pdf](http://www.paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/leyagua(30mayo05).pdf)

<http://www.agua.org.mx/index.php>

<http://www.ecologiaverde.com/distribucion-del-agua-en-el-mundo>

<http://www.pnuma.org/reclat/esp/documentos/cap1.pdf>

<http://www.pnuma.org/reclat/esp/documentos/cap1.pdf>

<http://www.prb.org/pdf/worldpopgrowth.pdf>

[http://www.bonatura.com/2.01.11.71\\_1r.html](http://www.bonatura.com/2.01.11.71_1r.html)

[http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor\\_2.html](http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html)

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Distritofederal.pdf> y

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556e.pdf>

[http://www.unesco.org/courier/1999\\_02/sp/dossier/txt12.htm/](http://www.unesco.org/courier/1999_02/sp/dossier/txt12.htm/)

<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T>

[http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/conf\\_agua\\_mex.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/conf_agua_mex.pdf)

<http://aguaenmexico.org/images/aguareto.pdf>

<http://aguaenmexico.org/images/aguareto.pdf>

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/mexico/indexesp.stm>

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/dinamica.aspx?tema=me&e=09>

<http://www.salud.df.gob.mx/ssdf/media/agenda/morta2/111.htm>

<http://aguaenmexico.org/images/ciclohidrologico2.pdf>

<http://aguaenmexico.org/images/ciclohidrologico2.pdf>

[http://www.uia.mx/web/files/la\\_problematika\\_del\\_agua%20.pdf](http://www.uia.mx/web/files/la_problematika_del_agua%20.pdf)

<http://www.coyoacan.df.gob.mx/>

<http://www.siege.df.gob.mx/estadistico/pdf/monografias/coy.pdf>

<http://www.siege.df.gob.mx/estadistico/pdf/monografias/coy.pdf>

<http://www.sma.df.gob.mx>

<http://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>

<http://www.aguaenmexico.org/images/pdf-optimizadas/Femke.pdf>

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem07/estatal/df/ced/index.htm>

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/mgilarra/Fluid/Sedimentacion%202006-2007.pdf](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/mgilarra/Fluid/Sedimentacion%202006-2007.pdf)

[http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id\\_nota=49968&tabla=finanzas](http://www2.eluniversal.com.mx/pls/impreso/noticia.html?id_nota=49968&tabla=finanzas)

ONU: Organización de las Naciones Unidas

Comisión Estatal del Agua (CEA 2010).