



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROPUESTA DE INSTALACION HIDRÁULICA SANITARIA PARA LA  
REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUA  
PLUVIAL EN UNIDADES HABITACIONALES UBICADAS EN LA CIUDAD  
DE MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA**

**ING.CIVIL – GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**P R E S E N T A:**

**ING. GUILLERMO LLANOS BONILLA**

**T U T O R:**

**ING. LUIS ARMANDO DÍAZ INFANTE DE LA MORA**

**ENERO, 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.

---

**JURADO ASIGNADO**

**Presidente:** M.I. Díaz Díaz Salvador

**Secretario:** Dr. Meza Puesto Jesús Hugo

**Vocal:** Ing. Díaz Infante De La Mora Luis Armando

**1er. Suplente:** M.I. Mendoza Rosas Marco Tulio

**2do. Suplente:** Ing. Díaz Infante Chapa Luis Armando

Lugar dónde se realizó la tesis:  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México, Distrito Federal.

Tutor de Tesis

---

Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora

*Dedicatoria:*

*A mi Esposa:*

***Por el amor, comprensión y apoyo en toda situación.***

*A mis hijos:*

***Por la alegría que han traído a mi vida.***

*A todos aquellos que están convencidos de que  
la tierra no es una herencia de nuestros padres,  
sino un préstamo de nuestros hijos.*

---

## ***Agradecimientos***

***A la Universidad Nacional Autónoma de México***, por dejarme realizar este sueño, ***al CONACYT***, por la beca otorgada para este propósito.

***A mi Tutor***, Ing. Luis Armando Días Infante de la Mora. Por su tiempo e invaluable apoyo para la realización de este trabajo.

Quiero agradecer el apoyo y comentarios de varios involucrados en el tema; al ing. Daniel Guerrero, Arq. Gabriela Altamirano e Ing. Alberto Aldape de la empresa Inmobiliaria Cuadra Vieja, Al Ing. Eduardo León e Ing. José Sobrevilla de la empresa INCASA, al Ing. Antonio Zurita del Instituto de vivienda, al personal de instituto de ingeniería de la UNAM, en particular a los integrantes de la Red del agua de la UNAM, al personal la Comisión Nacional de Vivienda, de la Comisión Nacional del Agua, de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Agradezco también el apoyo brindado por de varias personas que tuvieron a bien el proporcionarme información del tema y compartir con un servidor sus iniciativas que han puesto en práctica para aprovechar el agua de lluvia y el agua jabonosa, les manifiesto real admiración por la conciencia que tienen respecto al cuidado y preservación del agua.

## Resumen

Se presenta una propuesta de metodología a seguir para la reutilización de aguas jabonosas tratadas y el aprovechamiento de aguas pluviales en edificios de unidades habitacionales ubicados en la ciudad de México. Para ejemplificar la metodología, se aplicó a una unidad habitacional de 36 viviendas de interés medio ubicada en el sur de la Ciudad de México. Se parte de la idea de que el agua jabonosa proveniente de la regadera, lavabo y lavadora, debidamente tratada puede sustituir el agua utilizada en el inodoro, reduciendo hasta en un 30% el consumo de agua de la red que llega al predio. El agua proveniente de la lluvia se destina a la recarga de mantos acuíferos.

Para ello se proponen criterios para la obtención de la demanda y oferta de agua gris tratada que se genera al interior de la unidad, se realiza el cálculo para determinar la capacidad de las instalaciones y el equipo, se procuró que el equipo esté disponible en el mercado, se obtiene un estimado de costo para poder evaluar económicamente la propuesta. Para determinar la factibilidad económica se estudia un escenario donde el 50% de la dotación de agua que requiere la unidad habitacional es tiene un costo mayor al ser suministrada con carros tanque.

## Abstract

There is a proposal of methodology for the reuse of treated soapy water and rainwater utilization in buildings of residential units located in Mexico City. To illustrate the methodology was applied to a housing unit of 36 homes average interest located in the south of Mexico City. It starts from the idea that the soapy water from shower, sink and washing machine, properly treated, it can replace the water used in the toilet, reducing up to 30% the consumption of mains water that reaches the property. Water from rainfall goes to recharge aquifers.

This proposes criteria for obtaining the demand and supply of treated gray water generated within the unit, the calculation is performed to determine the capacity of the facilities and equipment, procured the equipment is available on the market, you get a cost estimate to evaluate economically the proposal. To determine the economic feasibility studies a scenario where 50% of the allocation of water required by the dwelling unit has a higher cost is to be supplied with tank cars.

**INDICE**

Introducción. . . . .	1
Planteamiento del problema. . . . .	3
Justificación. . . . .	4
Objetivos. . . . .	4
Hipótesis . . . . .	5
Alcances. . . . .	6
CAPITULO I Marco Teórico. . . . .	7
1.1 Situación actual del suministro de agua para la Ciudad de México. . . . .	7
1.2 Proyectos futuros para aumentar la oferta de agua. . . . .	18
1.3 Desarrollo sustentable. . . . .	19
1.4 Aspectos relativos a la construcción de vivienda en la Ciudad de México. . . . .	20
1.5 Conclusión capitular. . . . .	21
CAPITULO II PROPUESTA. . . . .	22
2.1 Consumo de agua en la vivienda. . . . .	22
2.2 Aprovechamiento de agua pluvial en la vivienda. . . . .	26
2.3 Generación de agua gris en la vivienda. . . . .	30
2.4 Consideraciones para el reuso de agua gris. . . . .	33
2.2 Conclusión capitular. . . . .	36
CAPITULO III APLICACION. . . . .	37
3.1 Características generales del desarrollo habitacional. . . . .	37
3.2 Problemática del suministro de agua. . . . .	39

3.3 Sistema de aprovechamiento de agua pluvial. . . . .	41
3.4 Instalaciones para el aprovechamiento del agua pluvial. . . . .	44
3.5 Costo de la instalación para el aprovechamiento del agua pluvial. . . . .	46
3.6 Sistema para el aprovechamiento del agua gris tratada. . . . .	46
3.7 Instalaciones para el tratamiento y reuso de aguas grises. . . . .	48
3.8 Costo de las instalaciones. . . . .	51
3.9 Mantenimiento. . . . .	54
3.10 Tratamiento de aguas negras. . . . .	55
3.11 Conclusión capitular	55
CAPITULO IV EVALUACION. . . . .	56
4.1 Evaluación del sistema de agua pluvial . . . . .	57
4.2 Evaluación del sistema para el aprovechamiento del agua gris. . . . .	58
4.3 Tiempo de Recuperación de la Inversión. . . . .	61
4.4 Cálculo del Valor Presente Neto. . . . .	62
4.3 Conclusión capitular. . . . .	64
CAPITULO V CONCLUSIONES Y COMENTARIOS. . . . .	65
ANEXO 1 Resumen de los registros pluviométricos de la estación Coapa. . . . .	71
ANEXO 2 Proyecto de la instalación propuesta. . . . .	76
ANEXO 3 Análisis de costo de la instalación propuesta. . . . .	79
Bibliografía. . . . .	83

## Introducción

En diciembre de 2009, los niveles del agua de las presas del sistema Cutzamala se encontraban por debajo de su mínimo histórico ocasionado por la disminución de lluvia que se presentó ese año. En aquel momento, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, notificó a la población de lo alarmante que esta situación representaba para la vida de la ciudad y previno a la población de los cortes de agua a que estaría sujeta en los meses subsecuentes. La aparición de “lluvias atípicas” en el mes de febrero del 2010, generó problemas de inundación en algunas partes de la ciudad; sin embargo este hecho, tuvo como consecuencia que los niveles de agua en las presas del sistema Cutzamala retomaran a una situación de ya no crítica. Es un hecho que el cambio climático a nivel mundial, ha afectado el funcionamiento de nuestro sistema de almacenamiento superficial de agua potable, haciéndolo impredecible o “inestable”.

La inviabilidad técnica, económica y social de captar agua de lugares cada vez más lejanos a la Ciudad de México para satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población, ha dejado como única opción el mejor aprovechamiento de las fuentes actuales y buscar alternativas para el uso eficiente del agua.

La casi paralización total de obras de infraestructura hidráulica en los últimos 30 años dio muestras de rezago cuando se presentaron problemas de inundaciones en varios puntos de la ciudad en el mes de febrero de 2009 y que se han vuelto recurrentes cada temporada de lluvias.

En este contexto, el gobierno Federal a través de la Comisión Nacional del Agua ha definido como uno de sus objetivos del Programa Nacional Hídrico 2007-2012, y a largo plazo en el documento Agenda del Agua 2030, las acciones que fomenten el mejor aprovechamiento y uso eficiente del agua.

El suministro de agua potable así como el desalojo de aguas servidas para los habitantes de la ciudad de México, es un problema que desde la fundación de la ciudad ha requerido de la construcción de grandes e ingeniosas obras, a partir de la década de los cuarentas, el crecimiento acelerado de la población hizo necesaria desarrollar una impresionante infraestructura hidráulica que a la fecha suministra 63.0 m<sup>3</sup> de agua por segundo para una población de 20 millones de habitantes.

Los ingenieros de hoy han de continuar con la tarea de suministrar agua, el problema es el mismo, pero las condiciones han cambiado, las fuentes de abasto se encuentran cada vez más retiradas y el pensar disponer de ellas acarrea una serie de problemas técnicos, económicos y sociales, inmediatos y problemas de carácter ambiental a mediano y largo plazo.

Ante este escenario, las soluciones que han de proponerse deben tomar en cuenta un mayor y mejor aprovechamiento del recurso con que se dispone; sin embargo este problema se ha agravado en los últimos años debido a los efectos del cambio climático, y ya no bastan las grandes obras para cubrir la demanda de agua, las soluciones técnicas apoyadas por las autoridades han sido rebasadas, por lo que

por primera vez se está pidiendo la participación seria de los habitantes de esta ciudad para evitar el desperdicio y fomentar el mejor aprovechamiento del agua.

Algunas de las medidas que se han tomado para un mejor aprovechamiento del agua es el diseño, construcción y operación de unidades habitacionales sustentables; es decir, proyectos que buscan optimizar el uso de los recursos naturales disponibles, no sólo el agua, sino también la energía.

El presente trabajo se enfoca al tema de la sustentabilidad y particularmente al agua que se consume en una unidad habitacional, se busca, mediante una propuesta de instalación hidráulica-sanitaria, reducir un 30 % el agua de primer uso, para ello ha de diseñarse y construirse instalaciones que permitan el aprovechamiento del agua pluvial y el uso de aguas jabonosas tratadas. Como es de suponer esto implica un costo adicional en los proyectos inmobiliarios, en este sentido, se hace un ejercicio que pretende evaluar hasta qué punto es conveniente o no el desarrollo de la propuesta.

En el capítulo 1 se presenta un panorama muy general de la disponibilidad del agua en la ciudad de México, el porqué representa una problemática el mantener el suministro de este recurso y de la necesidad de buscar soluciones sustentables.

En el capítulo 2 se describe la propuesta de aprovechar el agua pluvial, así como el reuso de aguas jabonosas tratadas, se mencionan algunas experiencias que se han tenido en la ciudad y los comentarios de algunos autores respecto a las consideraciones a tomar para el diseño de la instalación.

En el capítulo 3 se propone la metodología para el cálculo de las instalaciones aplicándola a una unidad habitacional de 36 viviendas que actualmente se encuentra en fase de construcción. Se realiza una comparativa de costos entre una instalación tradicional y la instalación propuesta.

En el capítulo 4 se evalúa la propuesta mediante el método del Valor Presente Neto. Para ello fue necesario calcular el Costo - Beneficio de suministrar agua en dos escenarios; 1) el costo anual del agua con una instalación tradicional y 2) el costo anual de agua con instalaciones para el aprovechamiento de aguas grises.

Finalmente en el capítulo 5 se indican las conclusiones a que se llegaron con el desarrollo del estudio, la importancia de dar seguimiento a la operación de la instalación para identificar posibles áreas de mejora y/o situaciones no consideradas.

Se habla las ventajas, desventajas y limitaciones que se pueden presentarse en la aplicación de la propuesta de manera generalizada. Así como de la importancia de la participación de la población en general para el aprovechamiento del recurso.

## Planteamiento del Problema

Suministrar de agua a la ciudad de México ha representado una tarea de grandes proporciones que ha tenido trabajando a los ingenieros desde la época prehispánica hasta nuestros días. En cada una de estas etapas se ha mostrado el ingenio y la capacidad para cumplir este objetivo.

Si el agua pluvial y el agua gris tratada representan una opción para reducir el consumo de agua de calidad potable en la vivienda, su aplicación arroja algunas preguntas como:

- ¿Qué volumen de agua gris y pluvial se puede disponer?,
- ¿Cuál es el volumen de agua potable que se ahorra?,
- ¿Es seguro la utilización de las aguas grises?,
- ¿Cuál es la calidad del agua?,
- ¿Qué consideraciones debe de hacerse para su utilización?
- ¿Cuánto cuesta la propuesta?
- ¿Cómo afecta al proyecto en sus distintas fases?
- ¿Es redituable económicamente?

Todas estas preguntas tratarán de ser contestadas en el desarrollo del trabajo.

## Justificación

Cada día son más frecuentes los avisos de las autoridades respecto a la interrupción en el suministro continuo de agua en la ciudad. Ante este escenario; la necesidad de contar con alternativas al suministro de agua, hace necesaria el estudio de cada una de ellas.

¿Por qué considerar la utilización de agua pluvial y agua gris tratada como una alternativa para satisfacer la demanda de agua en una unidad habitacional?

- Ya no hay garantía del suministro de agua continuo por medio de la red.
- Suministrar agua por medio de pipas para satisfacer el déficit en la demanda implica un mayor costo.
- En estudios previos al presente se ha demostrado que el uso de agua pluvial y agua jabonosa tratada representa una opción viable técnicamente.
- Se cuenta con la tecnología disponible en el mercado para considerar que esta opción también pueda ser económicamente viable.
- Durante la fase de investigación no se encontró ningún manual que considere el agua gris en el cálculo de las instalaciones para su reutilización. Sólo se puede encontrar como propuesta.

## Objetivos

- **Generales**

Desarrollar una propuesta metodológica para determinar la factibilidad económica de incorporar en los nuevos desarrollos habitacionales instalaciones que permitan la utilización de agua pluvial y agua gris tratada en para satisfacer la demanda de agua.

- **Particulares**

- Determinar el volumen de agua pluvial y agua gris generados en una vivienda, con base en los distintos criterios proporcionados por diversos autores.
- Identificar los usos potenciales del agua pluvial y agua gris tratada dentro de una unidad habitacional.
- Proponer criterios de cálculo para la recolección, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua gris tratada.
- Seleccionar alguno de los sistemas de tratamiento disponibles en el mercado para determinar su factibilidad económica en un caso particular.

## Hipótesis

- 1) La construcción de una instalación destinada al aprovechamiento de las aguas pluviales puede disminuir hasta en un 30% el consumo de agua de la red en temporada de lluvias.
- 2) La construcción de una instalación destinada a la reutilización de aguas grises puede disminuir hasta en un 40% el consumo de agua de la red durante todo el año.
- 3) La construcción de una instalación para la captación, recolección, tratamiento y distribución de agua pluvial para algunas actividades en una unidad habitacional es económicamente viable.
- 4) La construcción de una instalación para la captación, recolección, tratamiento y distribución de agua gris para algunas actividades en una unidad habitacional es económicamente viable.

## Alcances

- Se recopilaron experiencias documentadas que en materia de aprovechamiento de agua pluvial y agua gris se tienen en la Ciudad de México.
- No se realizaron mediciones del agua pluvial ni agua gris producida en unidades habitacionales. En el caso de agua pluvial se toman los registros proporcionados por la Comisión Nacional del agua y para el caso de las aguas grises se toman datos estimados por diferentes autores.
- No se realizaron pruebas de calidad del agua gris ni del agua pluvial, se toman los resultados obtenidos en estudios previos realizados en laboratorios de la UNAM.
- Para la aplicación a un caso, se estudió uno de los equipos disponibles en el mercado, por lo que cada fabricante puede tener distintos requerimientos de infraestructura para la adecuada operación de sus equipos.
- Para evaluar económicamente la propuesta, el importe de las instalaciones se obtuvo con el Catálogo de Precios Unitarios que edita el Gobierno del Distrito Federal.
- La metodología presentada se aplicó a una unidad habitacional de interés medio, sin embargo; se realizan comentarios para su posible aplicación en viviendas de interés social.

## Capítulo I Marco teórico

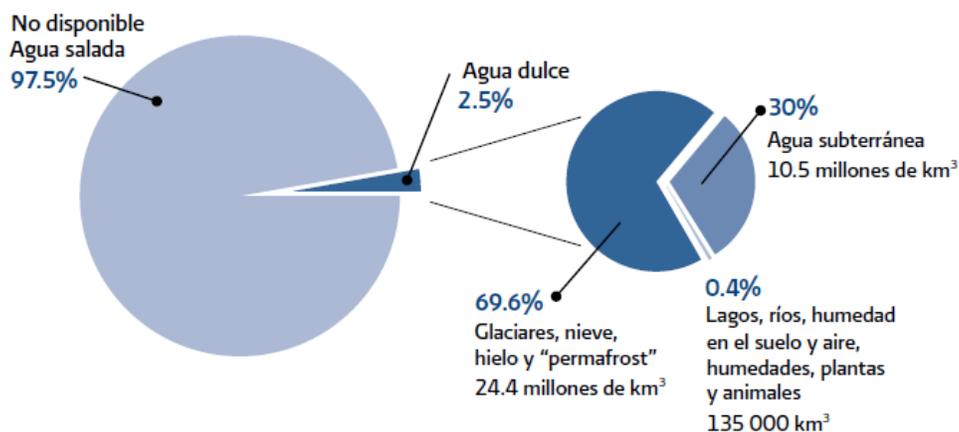
Se comentan algunos datos que permiten situar el fenómeno del agua en un contexto regional, nacional y mundial; esto con el fin de tener un marco de referencia que permita entender las particularidades a las que se encuentra sujeta la tarea de suministrar agua a la Ciudad de México.

### 1.1 Situación actual del suministro de agua para la Ciudad de México.

El agua, recurso vital ha sido desde los primeros tiempos de la civilización factor indispensable para el desarrollo de nuestras ciudades. Por mucho tiempo la facilidad de contar con el recurso determinaba la decisión de establecerse o no en un lugar. El origen y desarrollo de la ciudad de México así como su futuro, se encuentran fuertemente vinculados con el agua.

La superficie de la tierra está cubierta en más de un 75% de agua, del volumen total de agua, más del 97.5% es salada, el restante 2.5% es agua dulce de los cuales 69.9% se encuentra en glaciares, hielo y nieve. 30% es agua subterránea y sólo el 4% del agua dulce se encuentra en lagos, ríos, y humedad del suelo, aire, humedales, plantas y animales.<sup>1</sup>

Figura 1.1 Distribución global del agua en el mundo.



Fuente: Estadísticas del agua en México 2010, CONAGUA.

<sup>1</sup> Estadísticas del agua en México 2010. CONAGUA , p 173

Ahora bien, los cuerpos de agua no se encuentran distribuidos de manera similar en la corteza terrestre, existen países que por sus características físicas cuentan con un mayor volumen de agua que otras; por otro lado la población mundial no se encuentra distribuida proporcionalmente.

Un concepto que es importante definir se refiere al agua renovable, Los recursos de agua renovable de una región o país se refieren a la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países (importaciones). El agua renovable se calcula como el escurrimiento natural medio superficial interno anual, más la recarga total anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países. En el caso de México, para el escurrimiento natural medio superficial interno anual y la recarga de los acuíferos se utilizan los valores medios determinados a partir de los estudios que se hayan hecho en la región. La cantidad de agua renovable anual dividida por el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable per cápita. Se considera que un país o región vive en estado de estrés hídrico si su agua renovable es de 1 700 m<sup>3</sup>/hab/año o menos.<sup>2</sup>

La Organización de las Naciones Unidas, elabora un reporte con la disponibilidad per cápita de agua renovable para cada país; para su elaboración considera el volumen de agua superficial y subterránea dividido entre el total de la población. En la tabla 1.1 se muestra la distribución del agua renovable per cápita, en ella se puede observar la enorme diferencia que existe entre los países. México cuenta con una disponibilidad de 4,288 m<sup>3</sup>/hab/año muy por debajo de países como Chile, Colombia ó los Estados Unidos.<sup>3</sup> De acuerdo al nivel de disponibilidad, se tienen rangos para determinar si en la región o el país existen posibles problemas de agua, la clasificación se muestra en la tabla 1.2.

<sup>2</sup> Gleick, P. *The World's Water 2002-2003. The biennial report on freshwater resources 2002-2003*. 2003.

<sup>3</sup> *Estadísticas del agua en México 2010*, CONAGUA, p.176

Tabla 1.1 Países con mayor agua renovable

No	País	Precipitación media (milímetros)	Agua renovable (miles de millones de m <sup>3</sup> )	Agua renovable per cápita (m <sup>3</sup> /hab/año)
1	Groenlandia	350	603	10 432 526
2	Guayana Francesa	2 895	134	680 203
3	Islandia	1 940	170	570 470
4	Guyana	2 387	241	326 116
5	Surinam	2 331	122	268 132
6	Congo	1 646	832	225 535
7	Bhután	2 200	95	149 137
8	Papua Nueva Guinea	3 142	801	129 152
9	Gabón	1 831	164	125 095
10	Islas Salomón	3 028	45	92 355
11	Canadá	537	2 902	89 926
12	Noruega	1 414	382	81 816
13	Nueva Zelanda	1 732	327	78 986
14	Perú	1 738	1 913	69 339
15	Bolivia	1 146	623	67 799
16	Belice	1 705	19	67 473
17	Liberia	2 391	232	64 823
18	Laos	434	334	57 918
19	Chile	1 522	922	55 998
20	Paraguay	1 130	336	55 851
25	Brasil	1 783	8 233	44 067
61	Estados Unidos de América	715	3 051	10 175
<b>88</b>	<b>México</b>	<b>760</b>	<b>459</b>	<b>4 288</b>
100	Francia	867	204	3 321
108	Turquía	643	214	2 889
147	Sudáfrica	495	50	1 036

Tabla 1.2 Situación de acuerdo a la disponibilidad de anual de agua renovable por habitante.

Categoría	Disponibilidad (m <sup>3</sup> anuales por habitante)
Extremadamente baja	Menos de 1,000
Muy baja	1,001 - 2,000
Baja	2,001 - 5,000
Mediana	5,001 - 10,000
Alta	10,001 - 20,000
Muy alta	Más de 20,000

Fuente: Estadísticas del agua en México, CNA 2010

De acuerdo a este indicador, nuestro país ha cruzado el umbral entre la disponibilidad media a baja, ya que figura entre las naciones que disponen de menos de 5 mil m<sup>3</sup> de agua anuales por habitante; ante esta situación, es de suponer que el tema del agua debe de ocupar un lugar importante en la planeación a corto, mediano y largo plazo.

El gobierno federal establece las acciones a tomar en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2012 y en materia de agua el documento que se encarga de la gestión del recurso hídrico es la Agenda del Agua, por la importancia del tema, la Agenda del Agua no está limitada a las acciones que puedan tomarse durante un sexenio, sino que contempla programas de mediano y largo plazo por lo que la actual agenda contempla acciones hasta el 2030.

La República Mexicana con una extensión territorial de 1 964,375 km<sup>2</sup>. se ha dividido en 13 regiones hidrológico administrativas para la gestión de sus recursos hídricos. La Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) es el encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus funciones a través de 13 Organismos de Cuenca. Ver Figura 1.2

Por las características del relieve de México, en el país se encuentra una gran variedad de climas. Dos terceras partes del territorio se consideran áridas o semiáridas mientras que el sureste es húmedo; además, la distribución de la población no es uniforme; estos dos aspectos, originan que la disponibilidad per cápita de agua en cada de estas regiones, vaya desde una disponibilidad extremadamente baja (caso del Valle de México), hasta una disponibilidad categorizada como muy alta (Región de la frontera Sur). Ver tabla 1.3

Figura 1.2 Regiones hidrológico-administrativas



Fuente: Estadísticas del agua en México 2010.

Tabla 1.3 Disponibilidad de agua renovable per cápita para las distintas regiones hidrológicas-administrativas del país.

No	Región Hidrológico-Administrativa	Agua renovable media (millones de m <sup>3</sup> /año)	Agua renovable per cápita al 2010 (m <sup>3</sup> /hab/año)	Agua renovable per cápita al 2030 (m <sup>3</sup> /hab/año)
I	Península de Baja California	4 626	1 191	782
II	Noroeste	8 323	3 158	2 860
III	Pacífico Norte	25 627	6 474	6 753
IV	Balsas	21 680	2 033	1 948
V	Pacífico Sur	32 794	7 938	8 154
VI	Río Bravo	11 937	1 074	901
VII	Cuencas Centrales del Norte	7 884	1 870	1 726
VIII	Lerma Santiago Pacífico	34 160	1 616	1 453
IX	Golfo Norte	25 543	5 128	5 009
X	Golfo Centro	95 866	9 907	9 659
XI	Frontera Sur	157 754	23 637	21 041
XII	Península de Yucatán	29 645	7 151	5 105
XIII	Aguas del Valle de México	3 514	163	148
<b>TOTAL</b>		<b>459 351</b>	<b>4 222</b>	<b>3 793</b>

Fuente: Estadísticas del agua en México 2010

Como el presente estudio se desarrolla en la Ciudad de México, se enfoca la atención en la Región XIII;

Se puede observar que la disponibilidad per cápita de agua en el valle de México entra en la categoría de extremadamente baja. Esta disponibilidad de agua es similar a la de Israel y algunos países árabes. El crecimiento acelerado de la Ciudad de México a partir de la década de los cuarenta, colocó en esta situación a esta región.

Ya que el agua renovable está directamente relacionada a la precipitación, en la tabla 1.4, se observa el comportamiento histórico de la precipitación en la región XIII en el periodo comprendido de 1971 al 2000; como ocurre en la mayoría del país, existe la mayor precipitación se presenta entre los meses de junio y septiembre.

Tabla 1.4 Precipitación pluvial normal mensual por región hidrológica-administrativa

Región Hidrológica-Administrativa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
I Península de Baja California	23	22	17	4	1	1	9	23	24	12	12	21	169
II Noroeste	25	23	13	5	5	18	111	107	56	28	20	33	445
III Pacífico Norte	27	12	5	5	8	62	188	193	136	54	29	28	747
IV Balsas	15	5	6	14	52	186	198	192	189	83	16	7	963
V Pacífico Sur	9	8	8	20	78	244	205	225	249	111	21	9	1187
VI Río Bravo	16	12	10	16	31	50	75	81	81	36	15	17	438
VII Cuencas Centrales del Norte	16	6	5	12	27	59	87	86	72	32	13	15	430
VIII Lerma - Santiago - Pacífico	22	6	3	6	23	131	201	185	150	59	18	12	816
IX Golfo Norte	27	17	21	40	76	142	145	130	176	82	30	29	914
X Golfo Centro	45	34	30	41	85	226	255	253	281	161	88	61	1558
XI Frontera Sur	60	52	38	52	135	278	219	266	332	222	114	77	1846
XII Península de Yucatán	48	31	29	38	83	172	158	173	212	147	76	52	1218
XIII Aguas del Valle de México	10	8	13	28	56	105	115	104	98	50	13	7	606
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>41</b>	<b>105</b>	<b>136</b>	<b>140</b>	<b>136</b>	<b>70</b>	<b>31</b>	<b>27</b>	<b>760</b>

fuentes: Estadísticas del agua en México 2010. CONAGUA

El agua subterránea es el segundo aspecto que se toma en cuenta para determinar el volumen de agua disponible; para fines administrativos, el país se ha dividido en 653 acuíferos, de los cuales a diciembre de 2008 se encontraban con categoría de sobreexplotados 101 acuíferos. Un acuífero se considera sobreexplotado cuando el volumen de recarga es menor al volumen de extracción.

Tabla 1.5 Situación de los acuíferos por región hidrológico-administrativa al 2008.

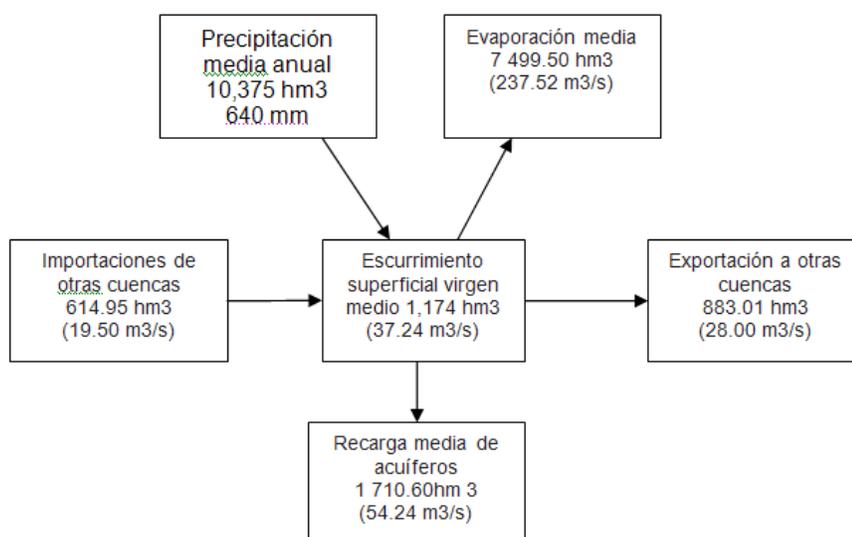
Región Hidrológico-Administrativa	Número de acuíferos				Recarga media (hm <sup>3</sup> )
	Total	Sobreexplotado	Con intrusión marina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	
I Península de Baja California	87	8	9	5	1 258.9
II Noroeste	63	13	5	0	3 249.5
III Pacífico Norte	24	2	0	0	3 263.0
IV Balsas	46	2	0	0	4 623.2
V Pacífico Sur	35	0	0	0	1 994.1
VI Río Bravo	100	14	0	7	5 079.9
VII Cuencas Centrales del Norte	68	24	0	19	2 377.7
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	127	32	0	0	7 728.4
IX Golfo Norte	40	2	0	0	1 316.4
X Golfo Centro	22	0	2	0	4 259.8
XI Frontera Sur	23	0	0	0	18 015.2
XII Península de Yucatán	4	0	0	1	25 315.7
XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	14	4	0	0	2 339.8
<b>TOTAL</b>	<b>653</b>	<b>101</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>80 821.6</b>

fuentes: Estadísticas del agua en México 2010. CONAGUA

## Ciclo Hidrológico.

En esta región XIII casi el 76% del agua que llueve se evapora y regresa a la atmósfera, el resto escurre por los ríos o arroyos o se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos. En la figura 1.6 se muestran de manera simplificada los componentes del ciclo hidrológico.

Figura 1.3 Ciclo hidrológico en la Región XIII.



Fuente: Estadísticas del agua en la región hidrológico-administrativa XIII, Aguas del Valle de México, ed. 2009

Las importaciones de otras cuencas se refieren al volumen de agua que proviene del Sistema Cutzamala (agua superficial) y del Sistema Lerma (agua subterránea). Las exportaciones se refieren al volumen de agua que finalmente se va al río Pánuco.

La precipitación media anual en la región es de 640 milímetros, inferior a la media anual del país que es de 759.6 milímetros (1971-2000). El periodo de lluvias en la región, está identificado, entre los meses de junio a septiembre, se hace más intenso hacia los meses de julio y agosto, y disminuye hacia finales de septiembre. Ver tabla 1.6

Tabla 1.6 precipitación media anual en la subregión valle de México.

Precipitación media (mm.)												
Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
12.4	9.0	15.1	34.2	55.9	12.12	136.3	125.8	109.8	58.7	15.7	7.2	700.9

La distribución mensual de la precipitación, acentúa los problemas relacionados con la disponibilidad del recurso, ya que el 68% de la precipitación cae entre los meses de junio a septiembre.

Para fines de planeación, la región XIII se divide en dos subregiones la del Valle de México y la de Tula. La primera comprende una superficie aproximada de 9,600 km<sup>2</sup> y la segunda de 6,550 km<sup>2</sup>.

La Zona Metropolitana del Valle de México ha crecido de una manera impresionante, actualmente la integran las 16 delegaciones del Distrito Federal, 59 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo. Esta zona abarca una superficie de 7,854 km<sup>2</sup> y según datos del Censo de Población y vivienda 2010 existe una población de 20'137,000 habitantes.

Figura 1.3 Zona Metropolitana de la Ciudad de México,



Fuente: Wikipedia.org. Julio 2011

Para satisfacer la necesidad de agua de la población en la región XIII, se ha recurrido a la construcción de una gran infraestructura la que principalmente está orientada a la sobreexplotación de los mantos acuíferos y a la conducción de agua de las cuencas cercanas.

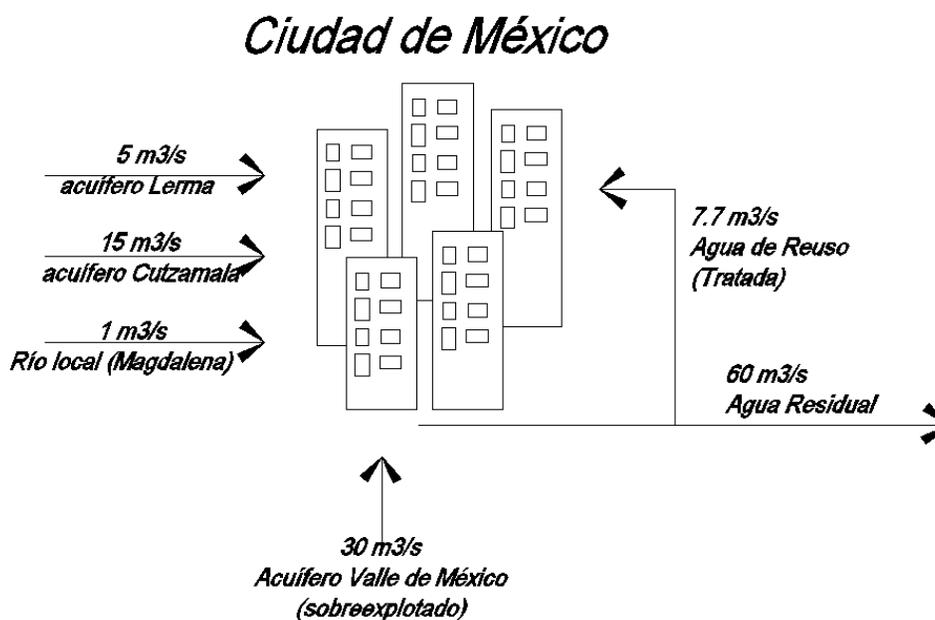
El abastecimiento de agua para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMVM) se estima en aproximadamente 62 m<sup>3</sup>/seg, este volumen lo suministran las siguientes fuentes en los porcentajes que se indica en la tabla 1.7

Tabla 1.7 Fuentes de abastecimiento de agua a la ZMVM

	Volumen	Porcentaje
<b>FUENTES INTERNAS</b>		
Pozos G.D.F., y Edo Mex.	33.1 m <sup>3</sup> /s	53%
Plan de acción Inmediata CONAGUA	7.9 m <sup>3</sup> /s	12%
Manantiales G.D.F.	0.6 m <sup>3</sup> /s	2%
<b>FUENTES EXTERNAS</b>		
Sistema Cutzamala CONAGUA	15.4 m <sup>3</sup> /s	25%
Sistema Lerma G.D.F.	5.0 m <sup>3</sup> /s	8%

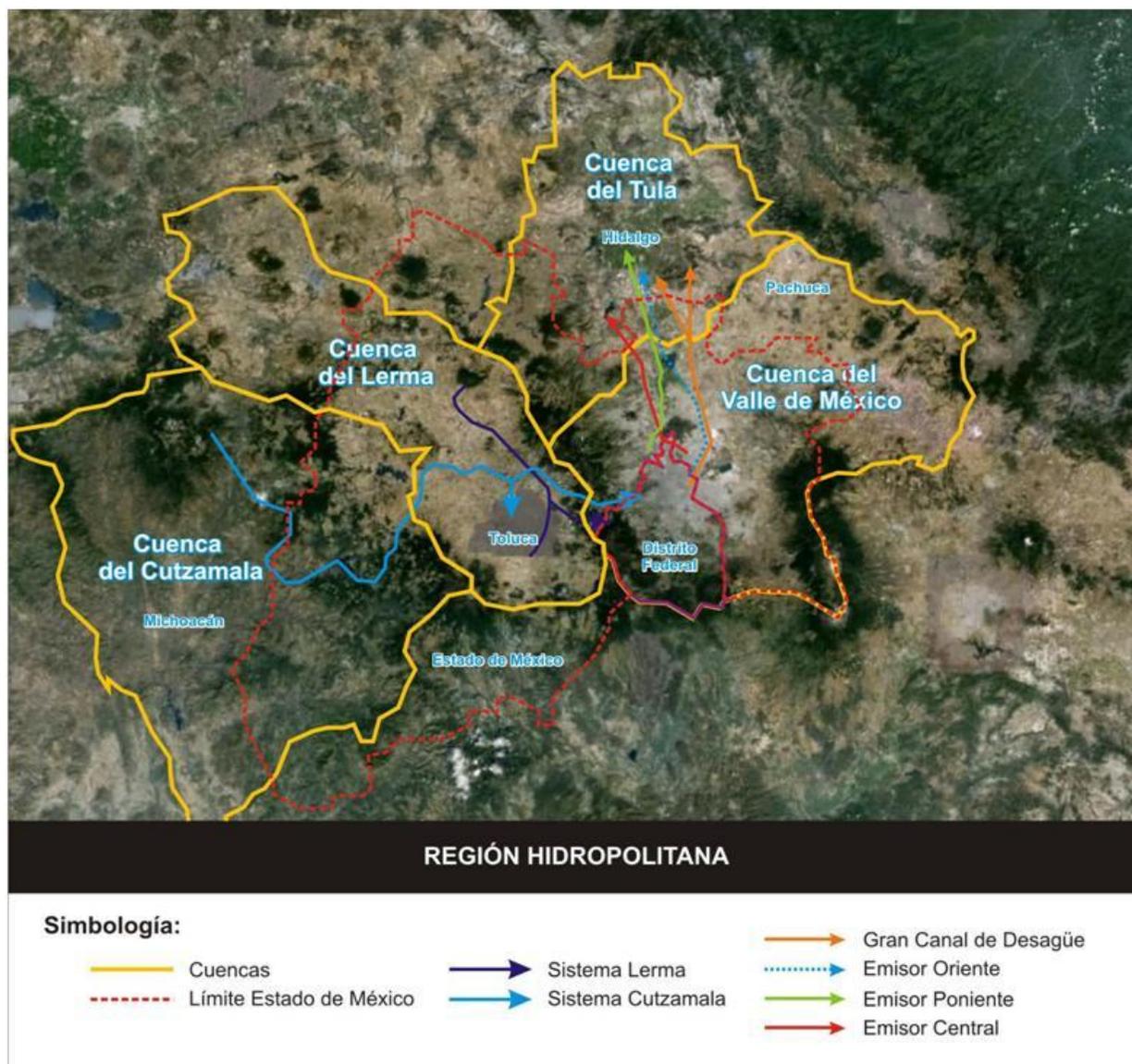
Fuente: Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México. OCAVM

Figura 1.4 Abastecimiento de agua a la ZMVM



Fuente: Conferencia "Ciclo urbano del agua" con motivo del día mundial del agua, Dra. Blanca Jiménez. Torre de Ingeniería UNAM, marzo 2011.

Figura 1.5 Región hidropolitana.



Fuente: Conferencia “Agua para las ciudades” con motivo del día mundial del agua, Mtro. Arsenio González Reynoso. Torre de Ingeniería UNAM, marzo 2011.

## 1.2 Proyectos para aumentar la oferta de Agua

Para cubrir la demanda en los próximos años, se tiene en fase de estudio los siguientes proyectos:

Tabla 1.8 Proyectos para aumentar la oferta de agua a la ZMVM.

Proyecto Temascaltepec	5 m <sup>3</sup> /s
Proyecto Amacuzac Oriente	15 m <sup>3</sup> /s
Proyecto Amacuzac Poniente	10 m <sup>3</sup> /s
Proyecto Tecolutla	9 m <sup>3</sup> /s
Proyecto Tula	5 m <sup>3</sup> /s
Máxima Oferta Posible	<b>44 m<sup>3</sup>/s</b>

Fuente: Conferencia “Principales retos del sistema de aguas de la Ciudad de México”, Ing. Ramón Aguirre Díaz, mayo de 2010.

Se puede observar que la tendencia es continuar con extracción de agua de las cuencas vecinas y la sobreexplotación de la propia a pesar de los problemas que esto ocasiona:

- Solución del problema mediante la construcción de grandes obras hidráulicas.
- Deterioro ambiental de las cuencas interconectadas por la infraestructura hidráulica regional.
- Sobreexplotación de los acuíferos que abastecen a la ciudad de México.
- Falta de percepción ciudadana de la gravedad de la escasez y de las dificultades de abastecer de agua a la capital.
- Mantener el esquema de subsidios para la infraestructura hidráulica de la capital y para la operación del servicio del agua.
- Cultura burocrática de la apropiación y no transparencia de la información relativa a la gestión del agua.

Ante esta situación; varias entidades consientes del deterioro ambiental han sugerido que el desarrollo en los próximos años sea de manera sustentable.

### 1.3 Desarrollo sustentable.

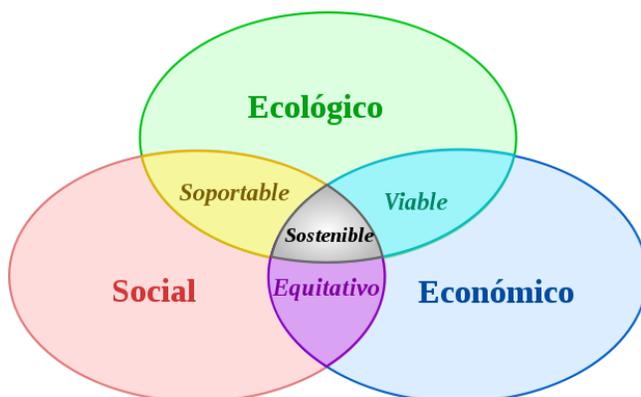
El término desarrollo sostenible, perdurable o sustentable se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3º de la Declaración de Río (1992). Es a partir de este informe que se acotó el término inglés "sustainable development", La única diferencia que existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable es la traducción al español que se le hizo al término inglés, así encontraremos que en el caso de México, se tradujo como desarrollo sostenible y en otros países de habla hispana, como desarrollo sustentable.

*"Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades"*

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ecológico, económico y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica. El triple resultado es un conjunto de indicadores de desempeño de una organización en las tres áreas.

Deben satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estará encaminado a catástrofes de varios tipos, incluidas las ecológicas. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.



Fuente: imagen Wikipedia, Johann Dréo, julio 2011

## 1.4 Aspectos relativos a la construcción de vivienda en la Ciudad de México.

La continua expansión que han experimentado las principales ciudades mexicanas es resultado de la proliferación de los conjuntos habitacionales y el éxito inmobiliario de la vivienda en las últimas décadas. Esta expansión ha motivado fenómenos como dispersión en la ocupación del territorio; altas inversiones en infraestructura y equipamiento para llevar servicios básicos a nuevos conjuntos habitacionales; pérdida de los límites de la ciudad, ya que al consumir grandes extensiones de suelo sin referencia a las previsiones derivadas de planes urbanos, se promueve una ciudad difusa y caótica. Al expandirse descontroladamente la mancha urbana con nuevos desarrollos, se impacta el entorno natural y agrícola que rodea a las ciudades, a través de los cambios de usos de suelo, urbanización o explotación.

El modelo adoptado por estos conjuntos habitacionales, se basa en vivienda unifamiliar horizontal, con bajas densidades de ocupación, consumiendo más territorio, sustituyendo espacios agrícolas de calidad, zonas verdes ó de protección por más vivienda. No podemos perder de vista que este tipo de procesos fragmenta la convivencia e integración social y urbana y representa altos costos de operación para los municipios. Complicación siempre presente es el gasto inherente al transporte de personas y de mercancías, derivado del incremento de las distancias a recorrer saturando las vialidades, por lo que las autoridades se ven obligadas a invertir en más redes viales, con la subsecuente contaminación ambiental.

El reto ahora es hacer ciudades sustentables, ocupando, saturando y consolidando los espacios intraurbanos y los de la primera periferia de las ciudades mexicanas (El Inventario de Suelo indica que, en las 129 ciudades con más de 50 mil habitantes, existen más de 495 mil hectáreas de suelo susceptible de ser incorporado al desarrollo urbano; 182 mil hectáreas, tienen uso habitacional; el 17% son intraurbanas y un 54% son periurbanas). Es conveniente favorecer la ocupación de los predios ociosos y los vacíos urbanos, promover ciudades compactas, policéntricas y consolidadas, es decir, que desarrollen una centralidad y varios subcentros que permitan mezclar diversos usos (trabajo, ocio, vivienda, servicios, etc.). Al potenciar la capacidad del territorio, se aprovecha la capacidad instalada y las inversiones realizadas en redes de infraestructura, equipamientos, espacios públicos y servicios en general.

La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), elaboró la “Guía para la Redensificación Habitacional en la Ciudad Interior”. Con esta guía, dirigida especialmente a las autoridades municipales y estatales del país, se busca brindar un conjunto de herramientas, para dar lugar a lo que a nivel internacional se ha denominado como “crecimiento inteligente de las ciudades”, en el que se promueve el aprovechamiento óptimo de la infraestructura y equipamiento urbanos instalados en la ciudad interior, a través de la utilización de los espacios vacíos y de la intensificación de las construcciones. De esta forma, se evitará la expansión innecesaria de la ciudad, obteniendo una mejor localización para los nuevos desarrollos habitacionales y por tanto, para sus habitantes.

El desarrollador de vivienda debe contemplar el escenario donde en los próximos años continuarán los recortes en el suministro de agua de la red; siendo el “tandeo” (abasto sólo algunos días de la semana) una política delegacional y municipal de uso común. De ocurrir así, los desarrollos habitacionales deben pueden optar por alguna (o varias) de las siguientes opciones:

- Contar con cisternas de mayor capacidad.
- Complementar el suministro diario mediante carros tanque.
- Utilizar dispositivos ahorradores de agua.
- Contar con sistemas para el aprovechamiento de agua pluvial y la reutilización de aguas grises.

### **1.5 Conclusión Capitular.**

La información proporcionada durante el desarrollo de capítulo, ha tratado de dar una perspectiva de los esfuerzos que se requieren para contar con agua en la ciudad; de seguir la actual tendencia de sobreexplotación del manto acuífero y disponer de los recursos hidráulicos de otras cuencas seguirán los problemas como el hundimiento gradual de la ciudad, inundaciones de las zonas bajas en época de lluvias, insuficiencia en el tratamiento de las aguas negras generadas, problemas políticos y sociales a los habitantes de las cuencas afectadas, etc.

Ante esta situación; se hace necesario el estudio y aplicación de alternativas sustentables para un mejor aprovechamiento del agua que disponemos en la cuenca de manera natural, acciones como reparar la de fugas en la red, favorecer la recarga de mantos acuíferos, dar tratamiento al agua utilizada para su posterior reutilización, instalación de muebles sanitarios de bajo consumo de agua, son algunas opciones que deben desarrollarse y que de acuerdo a algunos expertos, serán medidas suficientes para garantizar la dotación de agua a los habitantes de la ciudad en los próximos años sin detrimento de la calidad de vida.

Debido a que la problemática puede ser afrontada desde varios frentes, se ha seleccionado para el desarrollo de este trabajo el de estudiar una alternativa a aplicable a viviendas en desarrollos habitacionales verticales. En el siguiente capítulo se desarrolla una propuesta para tener un uso eficiente del agua.

## Capítulo II. Propuesta

Como se comento en el capítulo anterior el uso de agua pluvial y agua gris tratada representa una opción para reducir el consumo de agua de calidad potable en la vivienda. Pero su aplicación arroja las preguntas siguientes ¿Cuál es el volumen de agua potable que se ahorra?, ¿es seguro la utilización de las aguas grises?, ¿cuál es la calidad del agua?, ¿Qué volumen de agua gris y pluvial se puede disponer?, ¿Qué consideraciones debe de hacerse para su utilización?, y muy importante ¿Cuánto cuesta la propuesta? ¿Cómo afecta al proyecto?; Todas ellas y mas se analizarán a detalle en los siguientes párrafos.

### 2.1 Consumo de agua en una vivienda.

Si se analiza el criterio para el cálculo de la dotación de agua en una unidad habitacional, el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su artículo 82 nos obliga a considerar un volumen de 150 lts/hab/día para cubrir las necesidades básicas de limpieza e higiene.<sup>4</sup>

Sin embargo el consumo de agua depende de varios factores como son el clima, el nivel socioeconómico, infraestructura disponible, tarifas, la época del año, la edad de los ocupantes, etc.

La población de bajos recursos que carece del servicio por asentarse en la periferia de la ciudad, consume en promedio de de 5 a 7m<sup>3</sup> al mes por familia (33 a 46 litros diarios por habitante) pues su abastecimiento es a través de pipas las que actualmente cuestan \$76.00 por m<sup>3</sup>.<sup>5</sup>

En contraste, la gente que cuenta con el servicio de agua potable y alcantarillado en su domicilio, mantiene consumos del orden de 200 litros diarios por habitante y goza de tarifas mucho más bajas, por ejemplo una familia del Distrito Federal con 5 integrantes consume 30 m<sup>3</sup> mensuales y paga solo \$150.00 es decir \$1,800 anuales.

La Comisión Nacional del Agua reporta en su Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento MAPAS valores de consumo por clase socioeconómica, obtenido de mediciones estadísticas efectuadas por el Instituto Mexicano de Tecnología del agua, IMTA. Estos datos se indican en la tabla 2.1 y están en función del clima de la Localidad.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.2010

<sup>5</sup> Código Fiscal del Distrito Federal 2010

<sup>6</sup> Ochoa A.L., Rodriguez V.M. y Delgado B.A., "Análisis de la información del estudio de actualización de dotaciones en el país". IMTA, 1993.

Tabla 2.1 Consumo per cápita en litros diarios de acuerdo al clima y nivel socioeconómico.

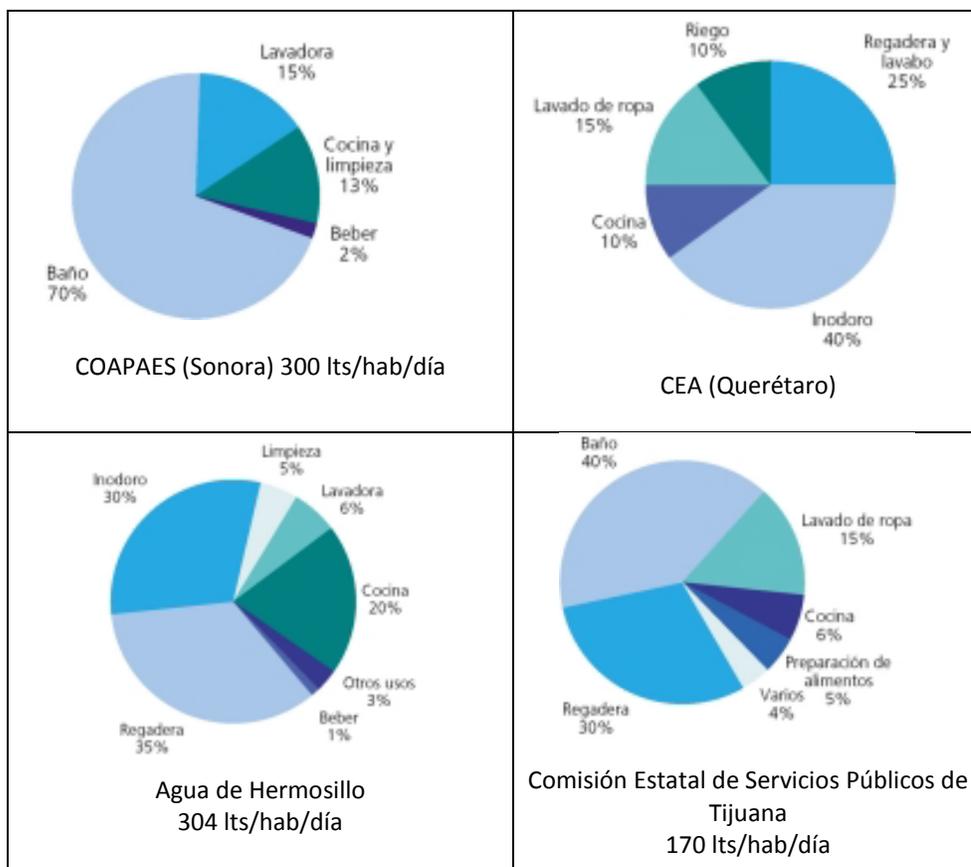
Clima	Consumo por clase socioeconómica.		
	residencial	media	Popular
Cálido mayor a 22 °C	400	230	185
Semicálido de 18 a 22 °C	300	205	130
Templado de 12 a 17.9 °C	250	195	100
Frio menor a 12 °C	250	195	100

Fuente: IMTA, 1993

Ahora bien ¿Cómo se distribuye la dotación de agua en la vivienda?

Se han hecho mediciones por parte de algunos organismos de agua de la República Mexicana, en ellos existen variaciones debido entre otras cosas al clima, la disponibilidad por medio de la red, la época del año, etc. La figura 2.1 muestra los consumos.

Figura 2.1.- Distribución del agua en el hogar.



Fuente: Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. CONAFOVI. 2005

En los últimos años, se ha difundido el uso de dispositivos ahorradores de agua; por mencionar algunos aplicables a la vivienda están los inodoros, regaderas, llaves y economizadores de flujo. En el mercado se encuentran disponibles accesorios fáciles de instalar en la vivienda que no requieren modificaciones a la instalación existente, en un principio estos dispositivos se diseñaron y comercializaron en el extranjero, actualmente ya existen de fabricación nacional lo que ha contribuido a su disminución en el precio. El gobierno del Distrito Federal en su página de Internet [www.sacm.df.gob.mx](http://www.sacm.df.gob.mx) da a conocer estos dispositivos y promueve su instalación.

Considerando que los nuevos desarrollos habitacionales están obligados a contar con dispositivos ahorradores de agua los porcentajes de consumo varían.

En la tabla 2.2 se muestra el consumo de agua en una vivienda que cuenta con sistemas de ahorro de agua, suministro por medio de red municipal y se encuentra en un clima templado.

Tabla 2.2 Estimado de consumo en una vivienda que cuenta con dispositivos ahorradores de agua.

Mueble	Consideración de uso	Frecuencia de uso	Consumo diario lts/per/día	%
Inodoro con dispositivo dual	3 lts / uso en orina 6 lts / uso en sólido	4 usos/per/día 2 usos /per/día	24	16.0%
Regadera con dispositivo	10 lts/min	5 min/per/día	50	33.2%
Lavabo con dispositivo	2 lts/uso	6 usos/per/día	12	8.0%
Fregadero con dispositivo	2 lts/uso	60/lts/día /fam de 4 miembros	13.75	9.1%
lavadora de ropa	190 lts/ carga (lavado y enjuagado)	1,140 lts/sem/fam de 4 miembros	40.71	27.1%
Limpieza y riegos		40 lts/fam/día	10	6.6%
			150.46	100.0%

Fuente: Criterios adaptados de Jan Bazant S. Hacia un desarrollo urbano sustentable, 2009.

Es de observar que el consumo de agua en el inodoro ha pasado de representar de entre el 30 o 40% del consumo de una vivienda a un 16% de la dotación diaria. Una pequeña inversión en los inodoros domiciliarios representa un ahorro considerable del agua que nos llega de la red. De ahí la gran importancia que han tomado los programas de concientización dirigidos a la población en general.

Se puede comentar que existen usos del agua que no requieren la calidad de potable, por ejemplo actividades como la descarga del WC, la limpieza y el riego pueden ser cubiertas con agua de menor calidad. Los porcentajes de agua de acuerdo a su calidad necesaria para los usos en el hogar se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 porcentaje de utilización de agua de calidad potable y no potable en la vivienda.

Agua de calidad potable (regadera, lavabo y fregadero)	50%
Agua de calidad no potable (Descargas de inodoro, lavado de ropa, limpieza de patios y riego)	50%
100%	

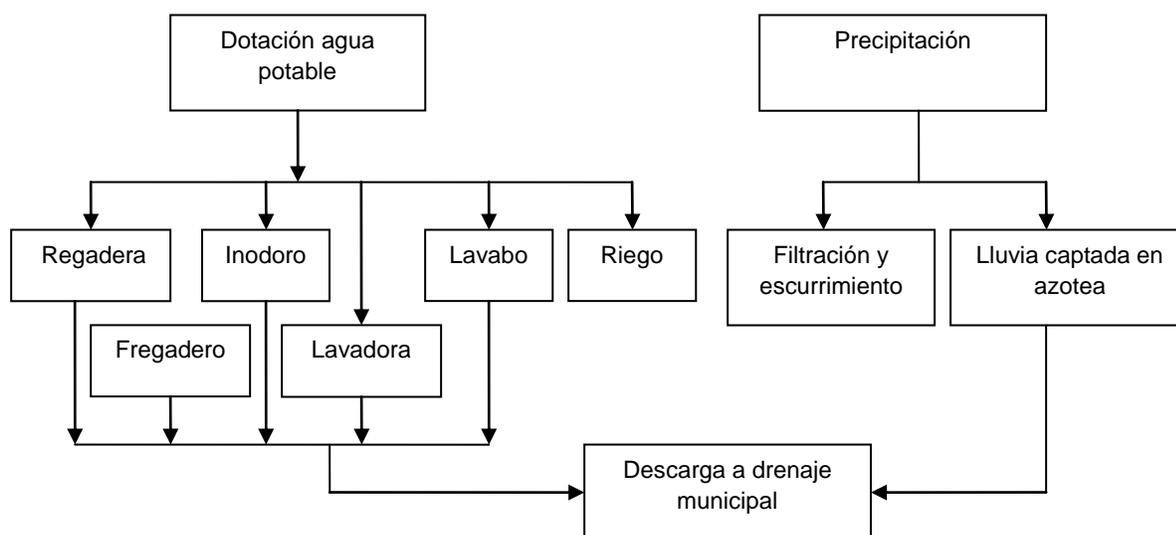
Un modo de disponer de agua no potable pero que cumpla parámetros de calidad para su uso en inodoros, es la de contar con un sistema de captación y aprovechamiento de agua pluvial; de hecho, para obtener la licencia de construcción en el Distrito Federal se obliga al desarrollador a considerar en su proyecto sistemas separados de agua residual y de aguas pluviales.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Art 91 del Reglamento del servicio de agua y drenaje para el Distrito Federal 1997.

## 2.2 aprovechamiento de agua pluvial en la vivienda.

Tradicionalmente el agua de lluvia no ha sido aprovechada para su consumo en las vivienda, la figura 2.2 muestra los usos a los que se destina el agua tanto la que proviene de la red municipal como la que llega por medio de la precipitación. La figura se asemeja al ciclo hidrológico de una cuenca.

Figura 2.2.- Recorrido del agua en una vivienda.



Fuente: elaboración propia.

La captación de agua pluvial puede llevarse a cabo para su uso directo o para recarga de acuíferos. La selección va a depender de los patrones de lluvia y de la geohidrología de la región. Si la precipitación en la zona es escasa, conviene la recolección y almacenamiento del agua si es abundante se tendrá suficiente agua para el consumo y los excedentes pueden infiltrarse cuando las características de permeabilidad del suelo así lo permitan.

Es importante asegurar que la calidad del agua de lluvia no se encuentre afectada por la contaminación ambiental de la zona y es necesario utilizar el tratamiento adecuado de la misma antes de pensar en el uso directo o en la recarga de acuíferos. El daño ocasionado a los mantos freáticos es irreversible si no se toman las medidas pertinentes.

En la Ciudad de México la lluvia se concentra en 6 meses, su comportamiento se puede apreciar en la tabla 2.4. es importante mencionar que estos valores corresponde al comportamiento total de la región, y éstos pueden variar significativamente de un punto a otro dentro de la misma; Por tanto es importante contar con los registros pluviográficos de la estación más cercana al sitio del proyecto. .

Tabla 2.4 precipitación pluvial normal mensual en la región hidrológico administrativa número XIII. En el periodo 1971 – 2000 (mm)

Región Hidrológico-Administrativa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
XIII Aguas del Valle de México	10	8	13	28	56	105	115	104	98	50	13	7	606

Fuente: CONAGUA.- Estadísticas del agua en México 2010.

La región XIII a su vez está dividida en 2 subregiones la del valle de México y la del Valle de Tula. En la tabla 2.5 se aprecia la precipitación para la subregión Valle de México.

Tabla 2.5 precipitación media mensual histórica 1941 – 1997 por subregión de planeación (mm).

Subregión	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Valle de México	13	10.5	15.9	36.7	69.3	119.6	132.7	128.8	107.2	49.5	16.2	6.4	705.8

Fuente: CONAGUA, Estadísticas del agua 2005, región XIII.

Para calcular la cantidad de agua que caerá en un lugar, la regla es que si en 1 m<sup>2</sup> de superficie llueve 1 mm, el volumen de agua recolectada es de 1 litro. Por ejemplo en una losa de 50 m<sup>2</sup> hay una precipitación de 1 mm, el volumen de agua que puede recolectarse es de 50 litros; A este criterio se debe considerar que dependiendo de las características de la superficie de recolección habrá que considerar un factor de eficiencia.

Siguiendo con el ejemplo de una losa de 50 m<sup>2</sup>, con un factor de eficiencia de 80% y suponiendo que en ese punto la precipitación es como se indica en la tabla 2.4, el volumen total de agua acumulada será igual de 50m<sup>2</sup> x 705 mm x 0.80 = 28,200 litros; por otro lado si en la vivienda se tiene una familia de 4 integrantes, su consumo anual de acuerdo al reglamento (150 lts/per/día) será de 4 hab x 150

lts/hab/día x 365 días = 219,000 litros. Como puede apreciarse es tan sólo el 12% del agua mínima requerida durante el año, pero que durante la temporada de lluvia puede llegar a representar un 30%.

Ahora también es importante señalar que un porcentaje de agua de cada lluvia se perderá por la absorción de los materiales del techo, por desborde de las bajadas pluviales, o por la saturación temporal de los filtros durante la tormenta; por lo anterior la eficiencia de recolección de un sistema pluvial se considera aproximadamente de un 75%, sólo en el caso que la losa sea plana, esté cubierta con loseta vidriada y las bajadas pluviales estén en perfectas condiciones, se puede hablar de un 90% de eficiencia. Pero si los sistemas de recolección son con techos improvisados, la eficiencia puede bajar hasta un 50%.<sup>8</sup>

Por lo tanto para realizar un estimado de la captación pluvial, se requiere primero conocer la precipitación pluvial promedio de la localidad, (en milímetros al mes). Es importante evitar los promedios pluviales de la región hidrológica, pues dentro de la misma región puede haber importantes diferencias pluviométricas, de un año a otro puede haber diferencias notables de la precipitación; un registro de mínimo 10 años en la estación pluviométrica más cercana nos representa mejor comportamiento real.

También es importante recordar los efectos del cambio climático en el comportamiento pluvial, existen zonas donde los periodos de sequia han aumentado y que cuando hay precipitación se han rebasado los máximos históricos.

El siguiente factor es determinar el consumo de agua, retomando el caso de la vivienda de 50 m<sup>2</sup>; el volumen de agua captada por lluvia es de 28, 200 litros, y la mayor parte de ella se obtiene en los meses de mayo a octubre (6 meses), si se destina este volumen de agua al uso del inodoro, se tiene que durante este periodo el inodoro requiere la siguiente cantidad de agua:

(agua destinada al inodoro, riego y limpieza) x (número de habitantes) x (6 meses); es decir;

$(34 \text{ lts/hab/d}) \times (4 \text{ hab}) \times (184 \text{ días}) = 25,024 \text{ litros. o } 136 \text{ litros diarios.}$



<sup>8</sup> J.Bazan S. Hacia un desarrollo urbano sustentable. 2009.

Puede observarse que el volumen de agua precipitada es suficiente para uso del inodoro en temporada de lluvia, contando con un excedente para dos meses más. Si se cuenta con la instalación adecuada es posible reducir el consumo anual de agua potable un 12%.

Desafortunadamente la realidad es que la instalación para una sola vivienda no es rentable ya que el ahorro de agua no es significativo al momento de pagar la factura del servicio; considerando que la vivienda de clase popular tiene los mayores subsidios en sus tarifas. En este casos no hay motivación por parte de los usuarios en invertir en el sistema, lo que ha motivado el desarrollo de esta práctica es la evidente deficiencia en el suministro de agua. Cabe mencionar que la vivienda al no ser planeada para captar el agua de lluvia, los usuarios deben compensar las deficiencias de la red con agua de pipa que como ya se comentó es una solución que a la larga resulta más costosa, además que en caso de decidirse efectuar modificaciones en las viviendas éstas tendrán un costo mucho mayor que haber sido planeadas desde el inicio.

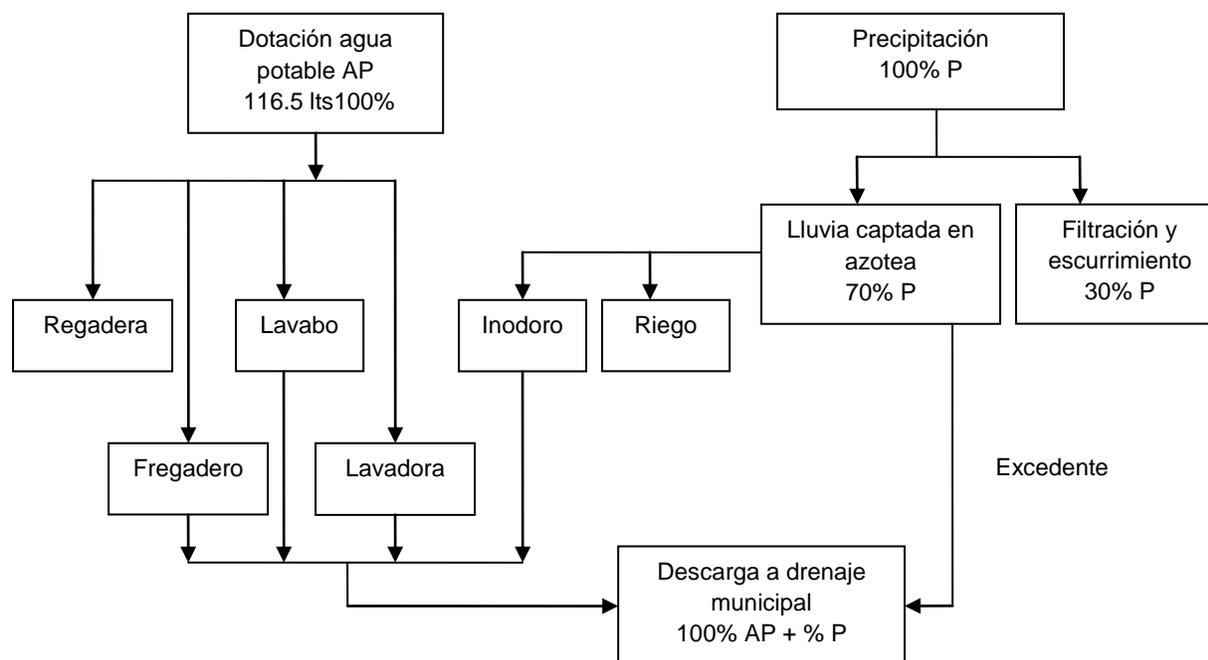
Calculando los nuevos porcentajes de consumo de agua en la vivienda en temporada de lluvias se tienen los valores de la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Consumo de agua potable en temporada de lluvia con sistema de captación de agua pluvial.

Mueble	Consideración de uso	Frecuencia de uso	Consumo diario lts/per/día	%
Inodoro con dispositivo dual	3 lts / uso en orina 6 lts / uso en sólido	4 usos/per/día 2 usos /per/día	agua pluvial	
Regadera con dispositivo	10 lts/min	5 min/per/día	50	42.9%
Lavabo con dispositivo	2 lts/uso	6 usos/per/día	12	10.3%
Fregadero con dispositivo	2 lts/uso	55/lts/día /fam de 4 miembros	13.75	11.8%
lavadora de ropa	190 lts/ carga (lavado y enjuagado)	1,140 lts/sem/fam de 4 miembros	40.71	35.0%
Limpieza y riegos		40 lts/fam/día	agua pluvial	
			116.46	100.0%

Fuente: elaboración propia.

Figura 2.3 Consumo de agua en una vivienda que cuenta con sistema de captación de agua pluvial.



Fuente: elaboración propia.

## 2.3 Generación de agua gris en la vivienda.

Ante este panorama se plantea la siguiente pregunta ¿hay otra alternativa para remplazar al agua de lluvia en la temporada de estiaje?

Retomando la tabla 2.2 se puede observar que el agua servida de cada una de los muebles tiene distintos niveles de contaminación, por ejemplo el agua servida de inodoros y fregaderos son mas “sucias”, en comparación de la que se obtiene de usos como la regadera, el lavabo y la lavadora de ropa, a éstas últimas se le denominan “aguas grises”.

El agua gris es un agua que ha sido utilizada dentro del hogar en diversas labores y tiene una calidad menor que el agua potable y mayor que un agua residual negra. El agua gris proviene de las descargas de la lavadora, lavabo, ducha, y lavado y enjuagado de ropa. El agua gris no incluye descargas del WC, fregadero y lavado de trastes debido a que el agua contiene un alto contenido de materia orgánica. Para una mayor descripción del agua gris se puede visitar la página de internet [WWW.graywater.com](http://WWW.graywater.com)

Los porcentajes de aguas negras y aguas grises generadas en la vivienda se muestran en la tabla 2.4

Tabla 2.4.- Porcentaje de agua negras y aguas grises generadas en una vivienda.

Aguas negras (Descargas de inodoro, fregadero, limpieza de patios y riego)	32%
Aguas jabonosas (regadera, lavabo, lavadora de ropa)	68%
	100%

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el volumen de aguas grises en una vivienda es del 68% contra un 50% de usos que no requieren agua de calidad potable, esto quiere decir que el volumen de agua jabonosa (previamente tratada) puede cubrir las necesidades de agua de calidad no potable.

Las aguas grises tienen los siguientes componentes que deben ser considerados al momento de su filtrado y desinfección.

**Bacterias microbiológicas.-** se conocen comúnmente como coliformes fecales y son las que crecen en las temperaturas cálidas del intestino. Por lo general en las aguas grises su número es reducido y resultan inofensivos, siempre y cuando no se laven pañales o ropa que contenga material fecal o vómito.

**Partículas físicas y productos químicos.-** hay gran variedad de desechos químicos en las aguas grises que dependen de los hábitos individuales y del tipo de productos de limpieza y baño para cada familia. Es recomendable hacer una selección cuidadosa de los productos para la casa, como: detergentes biodegradables bajos en fósforo, sodio, boro, cloro y sales. Los tintes de cabello y solventes de pintura deben evitarse en una instalación que recolecte agua grises.

**Sales.-** las sales de las aguas grises se forman a partir de los componentes de los detergentes como es el sodio, magnesio y calcio. Cuando se aplican al riego se acumulan en el suelo; así la concentración de sales provoca que el suelo pierda su permeabilidad, lo que conduce gradualmente a una degradación de la capa vegetal. La selección de detergentes bajos en sales de sodio es el método más efectivo para reducir la salinidad del suelo y mantener su permeabilidad.

Para que el agua gris pueda ser utilizada en algunas actividades de la vivienda, es necesario que cumpla con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece 5 límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reutilicen en servicios al público.

Tabla 2.5 Límites máximos permitidos para aguas reutilizadas.

Tipo de reuso	Promedio mensual				
	Coliformes fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	DBO5 mg/l	SST mg/l
Servicios al público con contacto directo	240	1	15	20	20
Servicios al público con contacto directo u ocasional	1,000	5	15	30	30

De acuerdo a un estudio de la UNAM, realizado en el laboratorio de Ingeniería ambiental de la división de estudios de posgrado de la facultad de ingeniería; se midieron los parámetros en muestras de agua jabonosa producidas en una vivienda de interés medio típica de la Ciudad de México.<sup>9</sup> Los resultados se muestran en la tabla 2.6

Tabla 2.6 Concentraciones de los parámetros fisicoquímicos de muestras de agua jabonosa

Parámetro	Valor	Valor de norma NOM 003-ECOL-1997
Sólidos totales	1950 mg/l	
pH	7.4	
Temperatura	14 °C	
Alcalinidad total	250 mgde CaCO <sub>3</sub> /l	
Turbiedad	349 UTN	
Sólidos suspendidos totales	340 mg/l	20 mg/l
Fosfatos	197 mg/l	
Demanda Química de Oxígeno DQO	1230 mg/l	20 mg/l

En la tabla 2.6 se puede observar que los niveles de contaminación son relativamente bajos por lo que tratar este tipo de agua por alguno de los métodos comerciales será más económico que tratar las agua negras combinadas con las grises.

<sup>9</sup> Tesis: "Estudio fisicoquímico de tratabilidad para depurar aguas jabonosas con el propósito de su reutilización"; Vicente Quezada Beltrán, 2002 .

## 2.4 Consideraciones para el reuso de agua gris.

Para llevar a cabo la propuesta, es necesario contar con una red de drenaje que mantenga separadas las aguas negras de las aguas grises. Enseguida las aguas grises pasan por un tratamiento que retenga sólidos, que elimine bacterias y el mal olor; posteriormente el agua debe ser almacenada en depósitos independientes para después ser distribuidos a los inodoros, lavadora, áreas de riego y patios. Con esta propuesta los consumos en una vivienda se estima tomen los porcentajes de la tabla 2.7

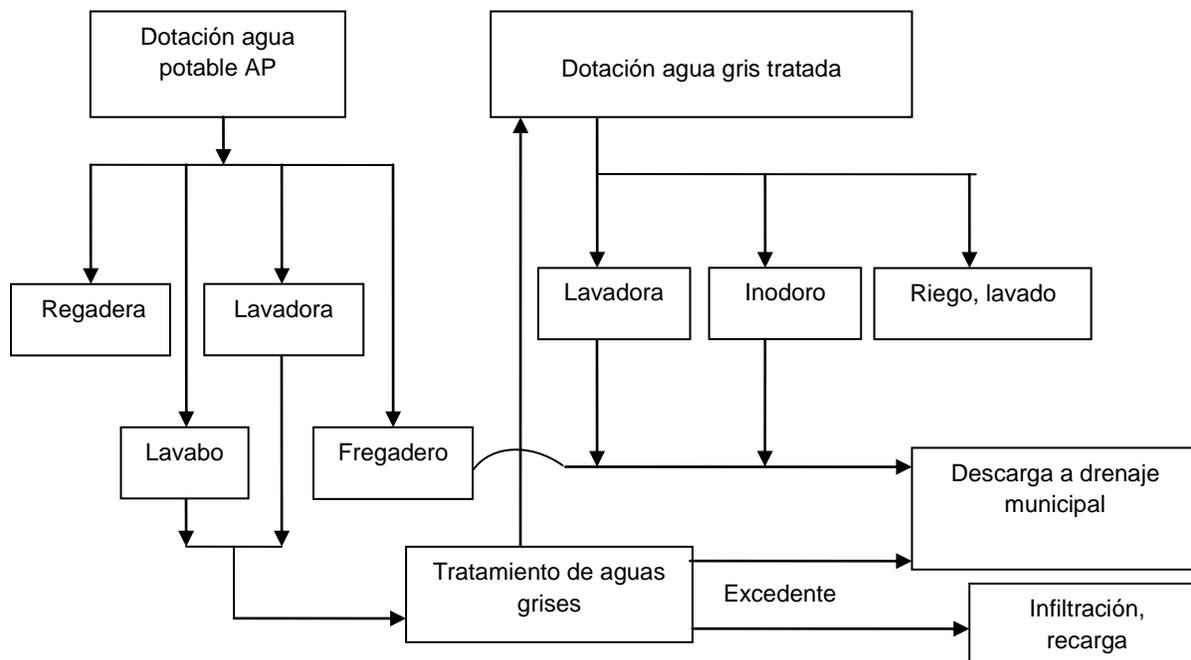
Tabla 2.7 consumos de agua en vivienda con sistema de aprovechamiento de agua gris tratada.

Mueble	Consideración de uso	Frecuencia de uso	Consumo diario lts/per/día	%
Inodoro con dispositivo dual	3 lts / uso en orina 6 lts / uso en sólido	4 usos/per/día 2 usos /per/día	agua gris tratada	
Regadera con dispositivo	10 lts/min	5 min/per/día	50	66.0%
Lavabo con dispositivo	2 lts/uso	6 usos/per/día	12	15.8%
Fregadero con dispositivo	2 lts/uso	55/lts/día /fam de 4 miembros	13.75	18.2%
lavadora de ropa	190 lts/ carga (lavado y enjuagado)	1,140 lts/sem/fam de 4 miembros	agua gris tratada	
Limpieza y riegos		40 lts/fam/día	agua gris tratada	
			75.75	100.0%

Fuente: elaboración propia

Con utilización de agua gris tratada, el consumo en una vivienda queda como se muestra en la figura 2.4

Figura 2.4 Uso de agua potable y agua gris tratada en una vivienda



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura, el agua gris pasará por las siguientes etapas.

#### Recolección.

La separación de aguas negras de las aguas grises se realiza diseñando desde proyecto una doble red de drenaje; la que provenga del inodoro y fregadero será se le denominará “drenaje de aguas negras” y en una vivienda tendrá las características tradicionales (tubo de PVC sanitario de 4” de diámetro) y el agua proveniente de la regadera, lavadora y lavabo se le denominará “drenaje de aguas grises”, la tubería para este drenaje puede ser de menor tamaño (3”).

#### Tratamiento

Al agua gris puede dársele distintos niveles de tratamiento dependiendo su uso final (incluso hacerla potable), pero para efectos de poder reutilizarlas en el inodoro, la lavadora, la limpieza de la vivienda y el riego de áreas verdes; es necesario que el agua tratada sea sin color, sin olor, segura con respecto a microbios y parásitos. Un tratamiento que provea agua de esta calidad consta de los siguientes pasos.

Tratamiento preliminar o filtrado grueso. Las aguas grises deben pasar primero por un filtro para remover materiales macroscópicos y partículas sólidas en suspensión. La característica principal de esta fase del tratamiento es que los filtros puedan ser removidos fácilmente para dar un mantenimiento frecuente al sistema.

Tratamiento preliminar o filtrado fino. Las aguas deben pasar por un filtro de arenas y gravas, en este filtrado se retienen las partículas en suspensión más diminutas como el polvo o las arcillas finas que se acumulan en la charola de la regadera. El mantenimiento a este filtro se realiza mediante un retrolavado. Haciendo que el agua fluya en sentido inverso, hasta que el agua salga libre de partículas.

#### Eliminación de olores.

Para la eliminación de olores existen varias tecnología, una de ellas es el uso de carbón activado.

El carbón activado convierte el agua gris filtrada ligeramente turbia en agua transparente y con buen olor, con el tiempo el carbón activados se satura y pierde su capacidad para quitar el mal olor; es entonces momento de dar mantenimiento al filtro, sustituyendo el carbón, el carbón utilizado puede exponerse al sol y regenerará sus propiedades.

Desinfección. El cloro es el producto más utilizado para la desinfección del agua; es el más económico, las compañías sanitarias proponen un litro de hipoclorito por cada 10 m<sup>3</sup> de agua. Otro procedimiento para la desinfección es por medio de luz ultravioleta (UV), que consiste en pasar las aguas grises a través de dicha luz siempre y cuando las aguas estén limpias.

También existe la desinfección por ozono, en este proceso un flujo de agua está en contacto con el gas ozono por un tiempo determinado dependiendo de la capacidad del equipo. En relación al volumen de agua que pueden tratar, estos dos últimos equipos, el de luz ultravioleta y el de ozono resultan muy caros para utilizar en una vivienda unifamiliar.

#### Acondicionamiento.

En ocasiones aunque el agua ya esté desinfectada, puede quedar “dura” porque contiene metales pesados. El agua dura se identifica fácilmente porque el jabón o detergente no hace espuma. Esto se corrige agregando al agua una dosis de neutralizador, la proporción estará dada por el fabricante del producto.

## Almacenamiento.

Aunque las aguas tratadas están técnicamente desinfectadas, siempre existe la posibilidad de infiltración de materia orgánica. Por ello y para prevenir cualquier posible contaminación, lo recomendable es no almacenar el agua por más de 24 horas. Es importante que el depósito donde se almacenan las aguas grises tratadas y el tinaco que las distribuye queden a la sombra o que estén lo menos expuestos a los rayos solares, para evitar que el incremento de temperatura pueda favorecer la activación de microorganismos.

## Distribución.

Una vez en el tinaco destinado para el uso de aguas grises tratadas, la distribución se hará por gravedad, a una red que dará servicio solamente al inodoro, lavadora, áreas verdes y patios. La tubería puede ser del mismo material que el del agua potable.

### **2.5 Conclusión capitular.**

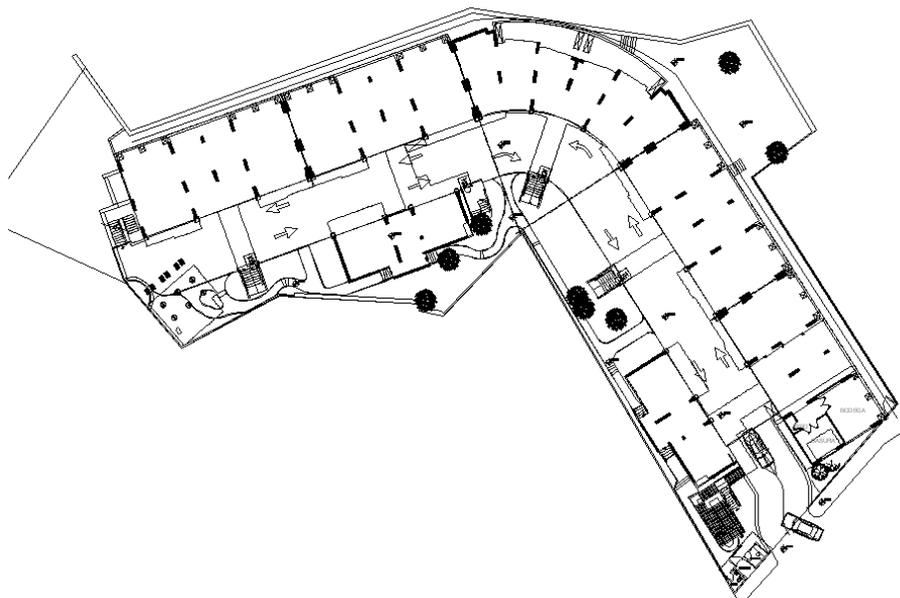
Del desarrollo del capítulo se puede concluir lo siguiente.

- 1.- Una vivienda sin dispositivos ahorradores cubre sus necesidades con 200 lts/hab/día.
- 2.- Una vivienda con dispositivos ahorradores de agua cubre sus necesidades con 150 lts/hab/día.
- 3.- El uso de dispositivos ahorradores reduce el consumo de agua potable un 25%.
- 4.- Una vivienda con sistema para el aprovechamiento pluvial cubre sus necesidades con 116.5 lts/hab/día en temporada de lluvia. Esto es un 22.3% menos que la dotación de 150 lts/hab/día. Durante 6 meses, en un año hay un ahorro del 12%. (El porcentaje puede variar mucho dependiendo de la superficie de captación y de la densidad poblacional de la zona).
- 5.- Una vivienda con sistema para aprovechamiento de aguas grises puede cubrir sus necesidades con 76 lts/hab/día en cualquier época del año. Es decir sólo el 50% de la dotación.

Como puede observarse hay factibilidad técnica para disminuir considerablemente el consumo de agua de primer uso. En el capítulo siguiente se buscará determinar la factibilidad económica de aplicar la propuesta en un desarrollo habitacional.

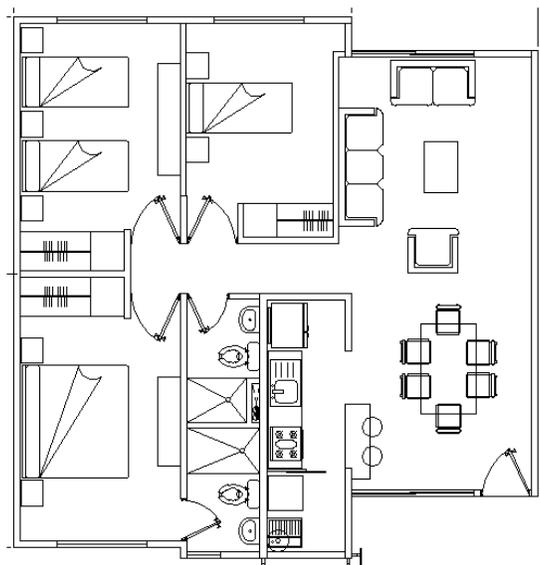


Figura 3.2 Sembrado general



Cada departamentos tendrá 3 recámaras, sala, cocina, comedor, 2 baños completos y un patio de servicio; en promedio cada departamento es de 84.00 m<sup>2</sup>.

Figura 3.3 Departamento tipo



Se contempla que la obra contará además con áreas verdes, estacionamiento, gimnasio.

El desarrollo puede clasificarse como “sustentable” debido a que incluirá las siguientes características.

- 1.- Alta densidad de áreas verdes. El área construida de los edificios sólo ocupa el 40%.
- 2.- Cuenta con infraestructura para el aprovechamiento del agua pluvial.
- 3.- Habrá infraestructura para la captación, tratamiento y reutilización de las aguas jabonosas.
- 4.- Habrá infraestructura para el tratamiento de las aguas negras.
- 5.- Contará con sistemas ahorradores de energía eléctrica y gas.

### **3.2 Problemática**

Este desarrollo se consideró en un principio construirlo con instalaciones hidráulicas y sanitarias tradicionales, sin embargo problemas con el abasto de agua en la colonia, obligaron a la delegación a solicitar a la inmobiliaria que el abasto de agua en el desarrollo se complemente con pipas; pues el suministro por medio de la red actual es insuficiente para cubrir la demanda.

Del mismo modo el drenaje delegacional no cuenta con el diámetro mínimo requerido para dar servicio a todo el desarrollo.

Ante tal situación, la inmobiliaria buscó alternativas para solucionar estos dos problemas.

Para cubrir la demanda de agua, se planteó un primer escenario donde el 50% del agua sea suministrado por la red y el otro 50% sea suministrado por pipas; de acuerdo a lo anterior se procede a calcular el costo anual por el servicio de agua. Tomando en cuenta que el agua de la red para vivienda de interés medio es de \$11.00/ m<sup>3</sup> y que el agua de pipa suministrada por la delegación es de \$76.50/m<sup>3</sup> <sup>10</sup>. El costo por consumo de agua será de:

---

<sup>10</sup>Artículo 72, Código Fiscal del Distrito Federal 2010 .

Consumo diario:  $(36 \text{ viviendas}) \times (5 \text{ hab/viv}) \times (150 \text{ lts/hab/día}) = 27 \text{ m}^3$

Consumo anual:  $(27 \text{ m}^3) \times (365 \text{ días}) = 9,855 \text{ m}^3$ .

De donde el 50% del volumen se cobra a \$11.00/m<sup>3</sup> y el otro 50% a \$76.50/m<sup>3</sup>

Se tiene entonces que el costo anual del servicio es de \$ 431,156.25

El pago aproximado de cada familia de 5 integrantes sería de \$11,976.56 al año

Tabla 3.1 comparativa de costos suministro por medio de red y suministro con pipas.

Costo/unidad	Tipo de suministro	
	Por red municipal	Por pipa
\$/m <sup>3</sup>	\$ 11.00	\$ 76.5/m <sup>3</sup>
Dotación mensual/habitante (150 lts/hab/día)	4.56 m <sup>3</sup>	4.56 m <sup>3</sup>
\$/dotación mensual/habitante	\$ 50.19	\$ 348.84
\$/dotación mensual/familia de 5 integrantes	\$ 250.94	\$ 1,744.20

Evidentemente el suministro de agua por pipas es una opción cara para los usuarios de las viviendas.

Ante esta situación se buscan alternativas para reducir el consumo de agua potable.

Como parte de los requerimientos delegacionales para obtener la Licencia de Construcción es implementar instalaciones para el aprovechamiento del agua pluvial; a continuación se analiza el volumen de agua pluvial aprovechable y el costo de la instalación para llevarla a cabo.

### 3.3 Sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

- Superficie de captación

El volumen de agua pluvial que puede captarse depende básicamente de tres factores: la altura de precipitación anual en la zona, la superficie efectiva disponible y un factor de eficiencia que está en función del tipo de material de la superficie receptora de lluvia y el estado de las canalizaciones.

Está definida mediante la expresión 3.1

$$D = S \times hp \times fe \quad (3.1)$$

Donde:

D = disponibilidad anual

S= Superficie

hp = altura de precipitación anual media

fe = factor de eficiencia.

De acuerdo a proyecto, la superficie destinada para la recolección de agua son las azoteas de los cubos de escalera y los tinacos. La superficie de estas azoteas es de 141.75 m<sup>2</sup>. En la figura 3.4 se observa la ubicación de éstos puntos.

Cabe señalar que el resto de la superficie de las azoteas no se consideró debido a que en el diseño arquitectónico se consideraron como roof-garden; es decir, jardines de uso exclusivo del propietario del departamento del último nivel; de haber considerado esta superficie, se corre el riesgo de contaminar la red pluvial con desechos que no puedan ser eliminados en las fase de filtrado y ozonación.

Figura 3.4 áreas para la captación de agua pluvial.



- Altura de precipitación anual media (hp).

En la zona de proyecto existe la estación pluviométrica No. 9014 “Santa Úrsula Coapa”, ubicada en las coordenada latitud 19°19’8” longitud 99° 8’44”, a una distancia de 1.3 km del desarrollo habitacional.

Con registros proporcionados por la CONAGUA, se obtiene información respecto al comportamiento de la precipitación, ver anexo 1 , para el análisis de la información, se seleccionaron 12 años con registros completos en un rango de 1991 a 2008, (cabe mencionar que un estudio hidrológico a detalle se obtiene con el análisis de los registros pluviométricos de estaciones cercanas a la zona, el fin de este estudio es obtener las gráficas i-d-t intensidad duración periodo de retorno, obtenido mediante las técnicas y procedimientos propios de la especialidad, ya que la razón de este trabajo no consiste en elaborar un estudio detallado de la precipitación, bastará con mencionar sólo algunos datos relevantes).

Del análisis de la información se concluye que existe una precipitación acumulada anual promedio de 865 mm (que es mayor la promedio de 700 mm en la ZMVM), los días del año con lluvia mayor a 1 mm es de 103, una precipitación promedio por evento de 8.4 mm. y una precipitación máxima registrada en el periodo de 79 mm.

Con base a lo anterior y aplicando la expresión de disponibilidad, esta será de:

$$D = 141.75 \text{ m}^2 \times 865 \text{ mm} \times 0.80 = 98 \text{ m}^3 \text{ anuales.}$$

Puede observarse que la disponibilidad de agua por precipitación es muy baja (1%) en relación al volumen de agua anual requerido 9,855 m<sup>3</sup>.

- Demanda de agua pluvial.

El agua de lluvia captada puede ser destinada al uso del inodoro en temporada de lluvias, de acuerdo a la tabla 2.2, el consumo de agua del inodoro representa el 16% de la dotación de 150 lts/hab/día, es decir 24 litros. El volumen estimado de agua destinado a este servicio durante los 5 meses donde se concentra la mayor parte de las lluvias será entonces de:  $(24 \text{ litros}) \times (36 \text{ viviendas}) \times (5 \text{ hab/viv}) \times (152 \text{ días con lluvia}) = 656.6 \text{ m}^3$

Puede observarse que la disponibilidad de agua por precipitación (98 m<sup>3</sup>) es sólo el 15% en relación al volumen de agua requerido para los inodoros en temporada de lluvia (656 m<sup>3</sup>).

La baja disponibilidad de agua pluvial se debe sobre todo a la poca superficie asignada para la captación en azoteas; sin embargo hay que recordar que el desarrollo habitacional cuenta con un porcentaje mayor de áreas libres (60%); Estas áreas libres permiten que el agua se infiltre al subsuelo ayudando a la recarga del manto acuífero. Si la altura de precipitación acumulada promedio es de 865 mm y la superficie permeable es de 1,490.00 m<sup>2</sup>; el volumen de agua precipitada será de 1,281 m<sup>3</sup> anuales.

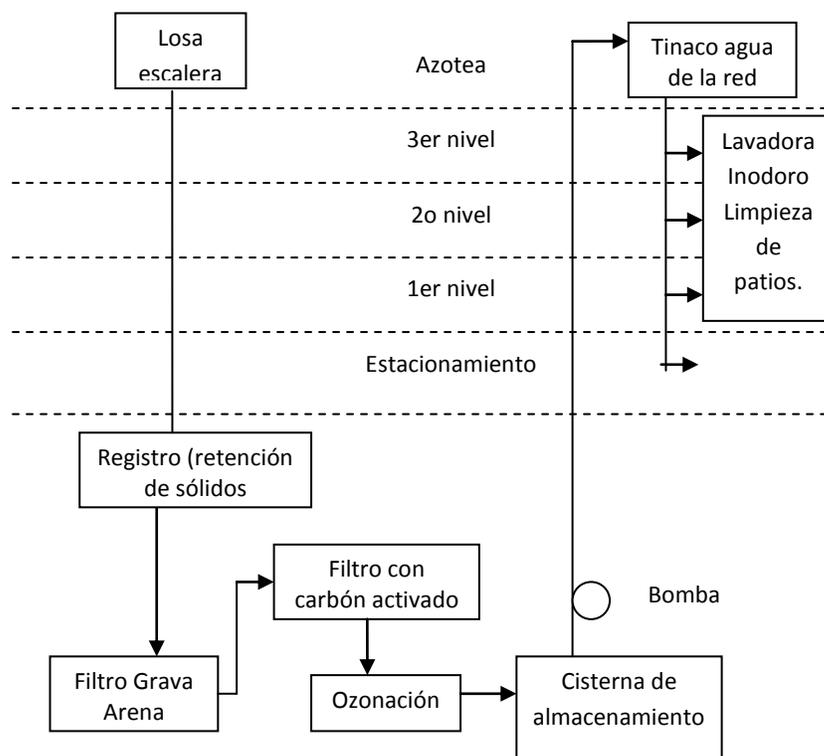
Ahora bien, si el volumen de agua precipitada y recolectada en azoteas (98 m<sup>3</sup>), se destinara para su empleo a un menor número de usuarios, por ejemplo los habitantes de sólo 6 viviendas, la demanda de agua para la temporada de lluvias sería de:  $(24 \text{ litros}) \times (6 \text{ viviendas}) \times (5 \text{ hab/día}) \times (152 \text{ días con lluvia}) = 109.4 \text{ m}^3$ . En estas condiciones, la oferta de agua cubre el 89.6% de la demanda. Se considera entonces que diseñar una instalación para cubrir la demanda de agua de estas 6 viviendas puede ser analizada a detalle.

### 3.4 Instalaciones para el aprovechamiento del agua pluvial.

Para llevar a cabo la captación, tratamiento y aprovechamiento del agua de lluvia en la unidad habitacional; es necesario contar con instalaciones que garanticen la mayor eficiencia al menor costo.

El aprovechamiento del agua pluvial en la unidad habitacional se muestra en la figura 3.5

Figura 3.5 Esquema de captación, tratamiento y utilización de agua pluvial.



Fuente: elaboración propia.

Para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento de agua pluvial, se debe considerar que los 98 m<sup>3</sup> de agua pluvial no son suministrados de manera proporcional durante los 5 meses de temporada de lluvia; para ello se recurre a los registros de precipitación de la zona para observar su comportamiento (ver anexo 1), para esta zona se precipitan en promedio 862 mm al año, los cuales se presentan en 103 días de lluvias mayores a 1 mm; de acuerdo a 12 años de registros, la máxima precipitación anual fue de 79 mm.

Entonces; si se diseña un tanque de almacenamiento para el evento máximo registrado, (79 mm), el volumen de agua será de:  $(79 \text{ mm}) \times (141.75 \text{ m}^2) \times (0.80) = 8.95 \text{ m}^3$ .

Sin embargo, al considerar tal criterio de diseño, tendremos un tanque que estará subutilizado la mayor parte del tiempo no solo del año, sino en varios años; en este sentido, se propone que la capacidad del tanque considere un valor menor al máximo histórico, en la tabla 3.2 se presenta el porcentaje de incidencia con que ocurren determinados rangos de precipitación de acuerdo a los registros de la zona. Se puede apreciar que en el 99.2% de los casos las precipitaciones son menores a 50 mm.

Tabla 3.2 Porcentaje de probabilidad de que se presente determinada altura de precipitación.

Rango	No. de eventos	%	% acumulado
1 a 10	928	75.51%	75.51%
11 a 20	183	14.89%	90.40%
21 a 30	77	6.27%	96.66%
31 a 40	24	1.95%	98.62%
41 a 50	8	0.65%	99.27%
51 a 60	4	0.33%	99.59%
61 a 70	2	0.16%	99.76%
mas de 70	3	0.24%	100.00%
	1,229	100.00%	

Fuente: elaboración propia con registros de la CONAGUA de 1991 hasta 2008

Con esta altura de precipitación, se puede calcular que la capacidad de un depósito para la recolección del agua pluvial será:  $(50 \text{ mm}) \times (141.25 \text{ m}^2) \times (0.80) = 5.65 \text{ m}^3$ . Para efectos prácticos se selecciona una cisterna de capacidad comercial de 5 m<sup>3</sup>. Con una cisterna de esta capacidad sólo en los casos que se presente una precipitación mayor a 44 mm habrá un excedente de agua que deberá desecharse; y esto sólo ha ocurrido de acuerdo a los registros 14 veces en 1,229 días de lluvia (aproximadamente una vez al año).

Antes de que el agua pluvial llegue al depósito, debe estar libre de hojas y arenas, para ello es necesario colocar en los registros rejillas que detengan estas impurezas, existe en el mercado un tipo de registro prefabricado que realiza esta función, en realidad es un par de registros de 60 x 40 en donde en el primero de ellos se tiene una rejilla en la parte superior y en la parte inferior un arenero, el segundo registro tiene dos cámaras con elementos filtrantes uno con grava sílica y otro con carbón activado. De acuerdo al fabricante un par de estos registros pueden recibir y filtrar el agua de 300 m<sup>2</sup> de losa en la ciudad de México.

El siguiente elemento a calcular es la capacidad del depósito que suministrara de agua a los inodoros, en este caso depende del consumo diario:  $(24 \text{ lts/hab/día}) \times (5 \text{ hab/viv}) \times (6 \text{ viv}) = 0.720 \text{ m}^3/\text{día}$ ; con un tinaco de 1,100 lts se cubre la demanda.

Finalmente se propone una desinfección por medio de un equipo que agregue ozono al agua, por lo regular la dosificación debe ser de entre 1 y 2 mg/l, por lo que para cubrir la demanda de 750 lts/día, se necesita un equipo que genere de 0.750 g a 1.5 g.

### 3.5 Costo de la instalación para el aprovechamiento del agua pluvial.

Las partidas que se consideraron para determinar el costo de las instalaciones incluyen: 1) el almacenamiento de agua pluvial, 2) el tratamiento del agua pluvial y 3) la distribución del agua a los inodoros. El total del costo se estima en \$143,800.00 pesos. El desglose este importe se detalla en el anexo 3.

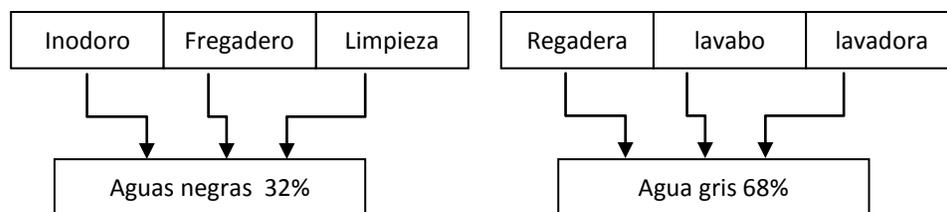
### 3.6 Sistema para el aprovechamiento de aguas grises tratadas.

- Disponibilidad.

En la tabla 2.2 y 2.7 se determinó que el porcentaje de aguas grises es aproximadamente del 68%, para este caso el volumen de agua será:

36 viviendas x 5 habitantes x 150 l/hab/día x 0.68 = 18.36 m<sup>3</sup>/día.

Figura 3.6 Generación porcentual de aguas negras y aguas grises.



- Demanda.

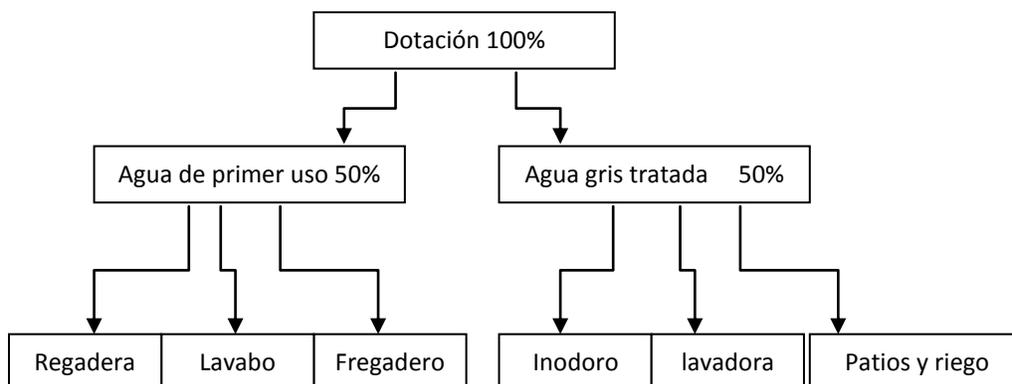
Así también, si el agua gris recibe un tratamiento puede ser utilizada en descarga de inodoros, lavado de ropa, limpieza de patios y riego. De acuerdo a la tabla 2.2 y 2.3, el porcentaje de agua que no necesita ser de calidad potable es del 50%.

Si la dotación diaria (agua potable y agua gris tratada) es de

$$36 \text{ viv} \times 5 \text{ habitantes} \times 150 \text{ l/hab/día} = 27 \text{ m}^3 ;$$

Entonces, 13.50 m<sup>3</sup> pueden ser de agua gris tratada.

Figura 3.7 Demanda porcentual de agua potable y de aguas grises tratadas.



Se puede observar que la generación de aguas grises (68% de la dotación) es mayor a la demanda de éstas (50% de la dotación), es decir; además de cubrir la demanda queda un excedente.

De recibir el tratamiento adecuado las aguas grises hasta el punto que cumplan con la norma NOM-003-SEMARNAT-1997 para su reutilización en inodoros, lavadora, riego y limpieza; el volumen de agua potable se reduciría a la mitad.

#### Nuevo consumo de agua potable anual

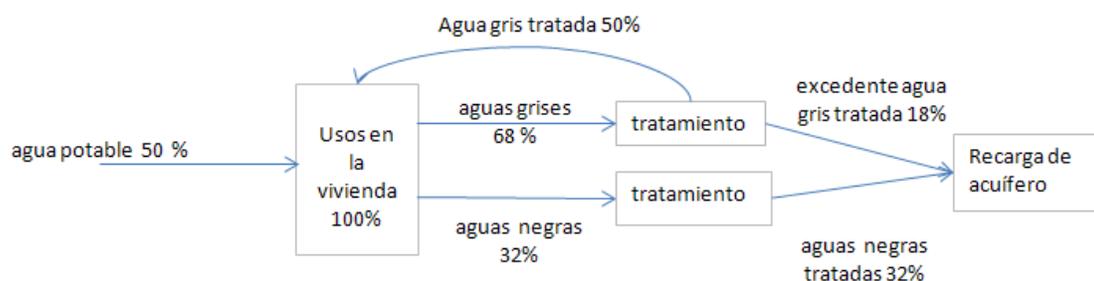
$36 \text{ viviendas} \times 5 \text{ hab/viv} \times 0.075 \text{ m}^3/\text{hab/día} \times 365 \text{ días} = 4,927.50 \text{ m}^3$

De los cuales 50% tendrá un costo de \$ 11.00 y el otro 50% de \$76.50

Se tiene entonces un costo anual de = \$ 215,578.12

Donde el costo anual por familia será aproximadamente de \$5,990.00

Figura 3.8 Ciclo del agua en la unidad habitacional



### 3.7 Instalaciones necesarias para el tratamiento y reuso de aguas grises.

Para tener un ahorro de agua de primer uso se deberá contar con una red que separe el agua jabonosa de las aguas negras, así como también tanques de captación, un sistema de tratamiento y un sistema de distribución a los inodoros y lavadoras.

Figura 3.9 Esquema de recolección de agua gris y reutilización.

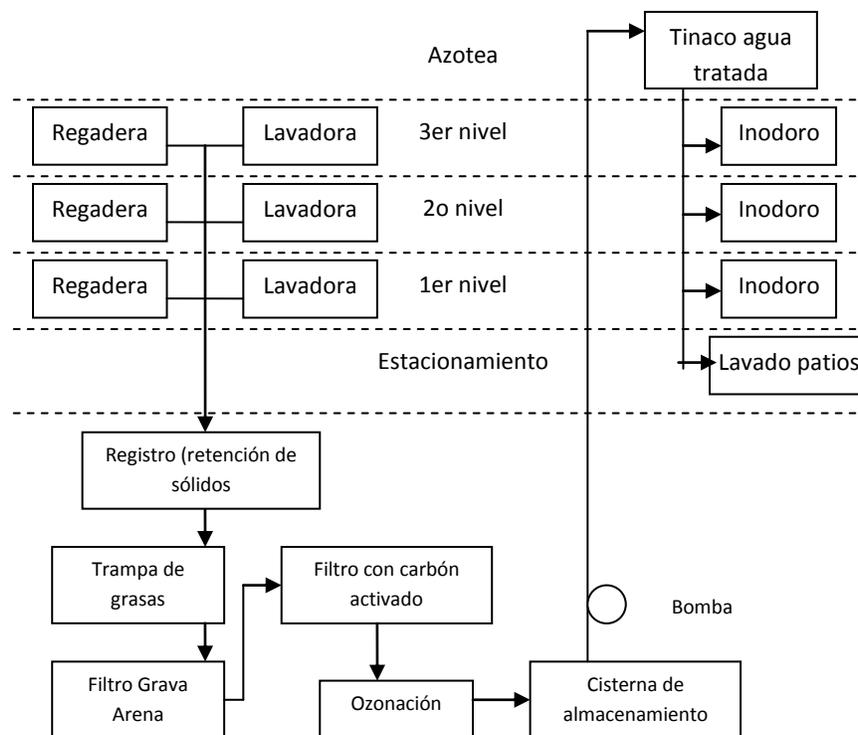
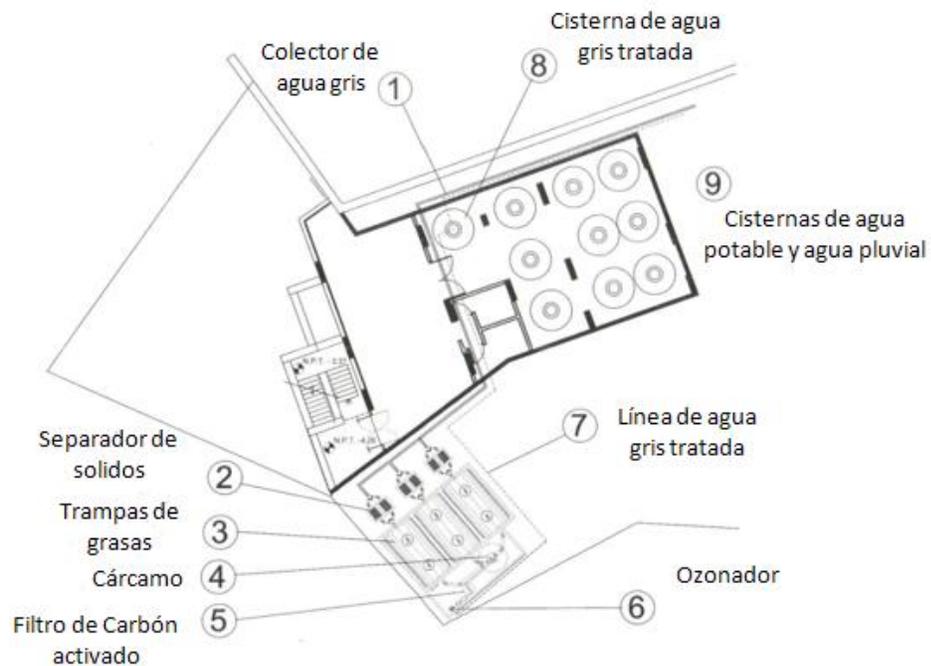


Figura 3.10 Ubicación de las instalaciones



Figura 3.11 Instalación para tratamiento de aguas grises.



---

### Descripción de los componentes.

- a) Registro para retención de sólidos.  
A este registro llega la tubería que recolecta el agua jabonosa, esta tubería puede ser de 6", el registro tiene como función amortiguar la caída del agua de los niveles superiores amortiguar su velocidad y retener materia que pueda obstruir los pasos posteriores del tratamiento, se propone un registro de 60 x 60 y 1 m de alto; en el interior se incluirá un bastidor con tela de mosquitero para retener las partículas gruesas (cabellos, pelusa, hilos, costras de piel). Este registro será el que reciba mantenimiento con más frecuencia de todo el sistema.
- b) Trampa de grasas.  
Las trampas de grasa usualmente son utilizadas en la industria restaurantera, en nuestro caso se usaran para recolectar la grasa proveniente del jabón de ducha y el detergente de la lavadora. Para determinar la capacidad de las trampas debe considerarse el volumen de agua jabonosa diario que va a producirse. En este caso el 68% de la dotación diaria se convertirá en agua gris; esto es;  $27 \text{ m}^3 \times 0.68 = 18.36 \text{ m}^3$  diarios. En el mercado existen trampas de 7,000 litros. Se propone que se instalen en batería 3 de estas trampas; la capacidad instalada será de 21.0 m<sup>3</sup>.
- c) Filtro con carbón activado.  
La función del carbón activado es la de eliminar los malos olores, en el mercado se cuenta con filtros de varias capacidades, la selección de la capacidad del filtro está en función del gasto máximo de aguas jabonosas producido; esta situación se presenta generalmente en las primeras horas de la mañana cuando se realiza el baño diario; suponiendo que en un mismo instante el 15% de las regaderas estén en funcionamiento (esto es 12 regaderas) y el consumo de cada una de ellas es de 10 lts/minuto, el gasto será de 120 lts/min.
- d) Desinfección por ozono.  
Finalmente el flujo de agua pasará a una desinfección por ozono. La dosis de desinfectante aplicado al agua está relacionado con un factor llamado "CT" que es resultado de la multiplicación de la concentración residual del desinfectante en el agua (mg/l) por el tiempo de contacto (minutos). La práctica europea tiene contemplada la aplicación de 0.4 mg/l con un tiempo de contacto de 4 minutos, es decir, un  $CT = 1.6$ . Sin embargo, la EPA (Environmental Protection Agency) en EE.UU, señala que un  $CT = 0.72$  aplicados al agua es suficiente para eliminar el 99.9% de parásitos.
- e) Tanque de almacenamiento de aguas jabonosas tratadas  
Para calcular la capacidad del tanque de almacenamiento, se propone tomar en cuenta el volumen de agua jabonosa que puede ser utilizada en un día; esto es 24 lts en el inodoro, 40 litros de la lavadora y 10% para limpieza de patios; el total de 74 lts/persona /día será de:

36 viviendas x 5 habitantes x 74 lts = 13,320 litros.

No es recomendable tener agua jabonosa tratada almacenada por más de un día, es preferible utilizar el agua lo más pronto posible de haber sido tratada; esto es con el fin de eliminar la posibilidad de que algunos parásitos encuentre el medio de reproducirse.

El cálculo hidráulico indica que un edificio con 3 viviendas cubre sus necesidades de agua con 2 tinacos de 1,100 litros; utilizando agua gris tratada, se reduce en un 50% el consumo de agua potable, por lo que el mismo edificio cubre su demanda de agua con 1 tinaco de agua potable y 1 tinaco de agua gris tratada.

Con base a lo anterior; si hay 24 tinacos en total en todo el desarrollo, 12 pueden ser utilizados con agua gris tratada, la capacidad de estos tinacos será de 13,200 litros, para asegurar el suministro de agua gris tratada a los tinacos, se propone la instalación de una cisterna de 5,000 litros

La distribución del agua jabonosa tratada será similar al agua de primer uso; es decir, contará con su sistema de bombeo para alimentar los tinacos ubicados en las azoteas de cada cuerpo de viviendas

### **3.8 COSTO DE LAS INSTALACIONES.**

El uso de agua jabonosa tratada no es aún una práctica muy difundida. Las políticas actuales respecto a la medición y cobro de agua han derivado en que exista una indiferencia para desarrollar e implementar esta tecnología para el uso habitacional. Por ello cuando se habla del costo de las instalaciones, inmediatamente los desarrolladores de vivienda se preguntan por el costo adicional que les representará en sus proyectos aplicar esta práctica. Para responder en parte a esta inquietud, se realizó un análisis de costos en dos escenarios. En el primer escenario se analiza el costo de una instalación hidráulica sanitaria de la forma tradicional y otro escenario con las instalaciones para el uso de agua gris tratada. Una comparativa entre las dos instalaciones puede dar una idea del impacto en el costo final del proyecto.

#### **3.8.1 Costo de una instalación hidráulica sanitaria tradicional.**

La infraestructura hidrosanitaria de la unidad habitacional se compone principalmente de los siguientes elementos.

- Alimentación a tinacos a base de tubería de fierro galvanizado.
- 10 cisternas de polietileno de 5,000 litros cada una para una capacidad total de 50 m3.
- 24 tinacos de 1,100 litros cada una para una capacidad total de 24 m3.
- 3 bombas centrífugas de 1 HP y una de 0.75 HP.
- Red de distribución a viviendas a base de tubo de polipropileno.

- Muebles sanitarios con dispositivos ahorradores de agua.
- Red sanitaria en los edificios a base de tubería de PVC.
- Colector sanitario para descarga en drenaje delegacional a base de tubería de concreto.

El costo directo para dar servicio las 36 viviendas de la unidad habitacional es de \$ 1,584,302.00 o en costo por vivienda \$44,000.00. El desglose de costo se presenta en el anexo No.3

### **3.8.2 Costo de una instalación hidrosanitaria con reutilización de agua gris tratada.**

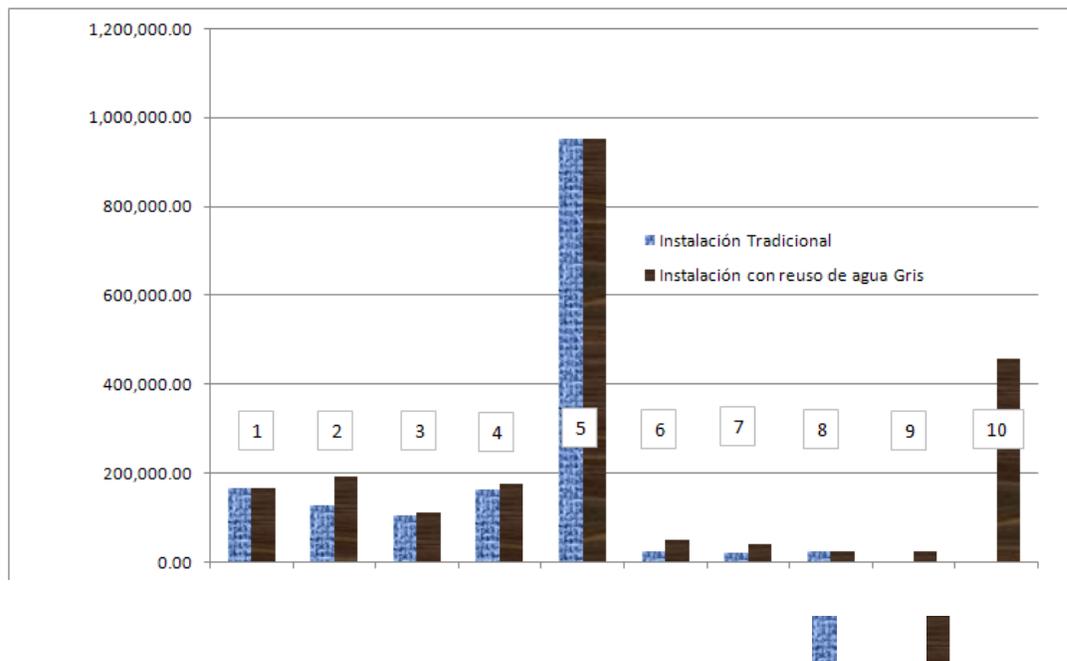
La infraestructura hidrosanitaria para utilizar agua gris tratada en el desarrollo se compone principalmente de los siguientes elementos.

- Alimentación a tinacos a base de tubería de fierro galvanizado.
- 10 cisternas de polietileno de 5,000 litros cada una para una capacidad total de 50 m3.
- 12 tinacos para agua potable de 1,100 lts cada uno
- 12 tinacos para agua gris tratada de 1,100 lts cada uno.
- 2 bombas centrífugas de 1 HP y una de 0.75 HP para distribución a tinacos de agua potable.
- 2 bombas centrífugas de 1 HP y una de 0.75 HP para distribución a tinacos de agua gris tratada.
- Red de distribución de agua potable para regadera, lavabo, fregadero y lavadora a base de tubería tubo de polipropileno.
- Red de distribución de agua gris tratada para inodoros, riego de áreas verdes y lavado de autos a base de tubería de polipropileno.
- Muebles sanitarios con dispositivos ahorradores de agua.
- Red sanitaria para recolección de aguas negras provenientes del Inodoro, fregadero y lavadero a base de tubería de PVC sanitario.
- Red sanitaria para recolección de aguas grises provenientes de lavadora, regadera y lavabo a base de tubería de PVC sanitario.
- Colector sanitario para descarga de aguas negras en drenaje delegacional a base de tubería de concreto.
- Colector sanitario para descarga de aguas grises en sistema de tratamiento a base de tubería de PVC sanitario.
- 3 trampas de grasas con una capacidad de 7,000 litros cada una.
- Filtro de carbón activado y equipo generador de ozono.

El costo directo para dar servicio las 36 viviendas de la unidad habitacional es de \$ 2,196,683.00; es decir \$61,019 por vivienda. El desglose de costo se presenta en el anexo 3.

En la figura 3.12 se muestra una comparativa entre los costos de las dos instalaciones con su impacto en cada una de sus partidas.

Figura 3.12 Comparativa de costos por partida.



COMPARATIVA POR PARTIDA ENTRE LOS DOS SISTEMAS			
1	TOMA DOMICILIARIA Y ALMACENAMIENTO	166,228.13	166,228.13
2	DISTRIBUCIÓN DE CISTERNAS A TINACOS	126,952.16	191,196.12
3	RED HIDRAULICA por vivienda	104,459.36	111,575.02
4	RED SANITARIA por vivienda	162,744.95	177,607.04
5	MUEBLES SANITARIOS por vivienda	953,011.80	953,011.80
6	RED HIDRAULICA Tinaco - viviendas	24,875.28	49,750.56
7	RED SANITARIA Edificio - Colector Interno	21,538.80	39,237.60
8	RED SANITARIA Colector interno A Red municipal	24,492.00	24,492.00
9	RED SANITARIA Colector interno - a Tratamiento aguas grises		24,492.00
10	INFRAESTRUCTURA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS		459,093.10
	TOTAL	1,584,302.48	2,196,683.37

En la tabla 3.2 se resumen los costos, se concluye que en este caso particular, el costo de las instalaciones fue de 17,010.58 por vivienda; es decir hay un impacto del 38.65% adicional al costo directo de una instalación tradicional.

Tabla 3.2 Resumen de costos de los dos escenarios.

RESUMEN DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA CON LOS 2 ESCENARIOS		
INSTALACIÓN HIDRÁULICA SANITARIA	Para 36 viviendas	Por vivienda
A) TRADICIONAL	1,584,302.48	44,008.40
B) CON REUSO DE AGUA	2,196,683.37	61,018.98
DIFERENCIA	612,380.89	17,010.58
Porcentaje adicional	38.65%	

En el anexo 3 se desglosa la cuantificación y presupuesto de ambas instalaciones.

### 3.9 Mantenimiento.

Se recomienda que esta acción sea llevada a cabo por personal instruido en la operación de las trampas pues en su interior se llevan a cabo procesos biológicos que de ser alterados puede ocasionar que las bacterias no trabajen ocasionando daño al resto de las instalaciones. La práctica común es que cada unidad habitacional cuenta con una administración que es la encargada de realizar entre otras cosas: la contratación de servicios de vigilancia, jardinería, desalojo de desechos sólidos, etc. de igual forma, se puede contratar el servicio de empresas dedicadas al mantenimiento de las trampas.

El mantenimiento de la instalación consiste en la limpieza rutinaria de los registros prefabricados que se encuentran en la entrada de las trampas de grasas, así como la extracción de sedimentos de la primera cámara con equipo de succión por vacío. Para ello se estima que una revisión semanal los primeros días de la operación y una revisión mensual posterior serán suficientes.

### 3.10 Tratamiento de aguas negras.

Como se comento al principio, el drenaje de la zona no es suficiente para desalojar al 100% las aguas negras generadas en la unidad, (aún considerando la reutilización de agua gris tratada). Por tanto fue necesario considerar en el proyecto un arreglo capaz de dar tratamiento a las aguas negras para su posterior conducción a una grieta que alimente el manto acuífero.

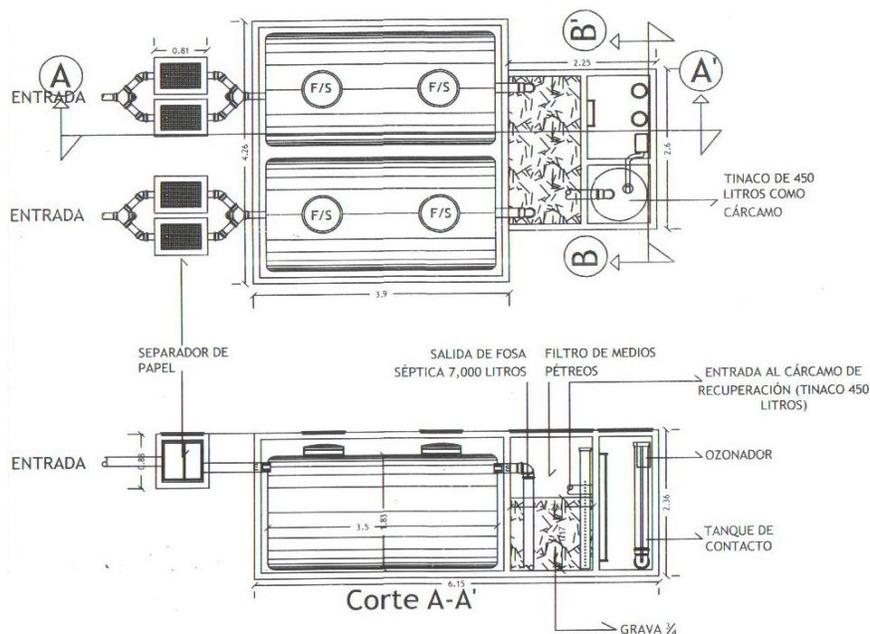
El tratamiento de las aguas negras debe ser capaz de cubrir la Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2007 relativa a la Infiltración artificial de agua a los acuíferos. -Características y especificaciones de las obras y del agua, cuyo objetivo es establecer los requisitos que deben cumplir la calidad del agua, la operación y el monitoreo utilizados en los sistemas de recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.

El volumen de aguas negras generado será el 32% de la dotación, es decir 48 litros/hab/día.

Para una población estimada de 180 habitantes, el volumen diario de agua a tratar será de 8,640 litros.

La instalación necesaria para el tratamiento de aguas negras está compuesta principalmente de:

- Tanque de concreto de 6.00 x 6.00 x 3.40 metros.
- 2 tanques sépticos prefabricados de proceso anaerobio.
- Filtro de carbón activado.
- Equipo generador de ozono.
- Preparación de la grieta y registro para monitoreo.



El costo directo de la instalación para el tratamiento de aguas negras será de \$368,384.80, esto representa un costo adicional por vivienda de \$ 10,232.90 sobre el costo de la instalación con reutilización de agua gris tratada.

Tabla 5.3 Resumen de costos con los 3 escenarios.

RESUMEN DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA CON LOS 3 ESCENARIOS		
INSTALACIÓN HIDRÁULICA SANITARIA	Para 36 viviendas	Por vivienda
A) TRADICIONAL	1,584,302.48	44,008.40
B) CON REUSO DE AGUA GRIS TRATADA	2,196,683.37	61,018.98
C) CON REUSO DE AGUA GRIS TRATADA Y CON TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS PARA RECARGA DE ACUIFERO	2,565,068.20	71,251.89

DIFERENCIA B-A	612,380.89	17,010.58
Porcentaje adicional	38.65%	
DIFERENCIA C-A	980,765.72	27,243.49
Porcentaje adicional	61.91%	

La tabla nos muestra que el incremento en costo por instalar un sistema de reutilización de agua gris es del 38.65% sólo en la partida hidrosanitaria.

En el caso de no poder desalojar el 100% de las aguas negras, el incremento en la instalación hidrosanitaria será del 61.91%.

### 3.11 Conclusión capitular

Se analizaron los costos de las instalaciones necesarias para llevar a cabo el tratamiento de las aguas grises y la utilización de agua pluvial. Se debe tener presente que estos costos corresponden a sólo uno de los equipos disponibles en el mercado nacional; se espera que los avances en tecnología oferten en un futuro próximo equipos más eficientes y a menor costo.

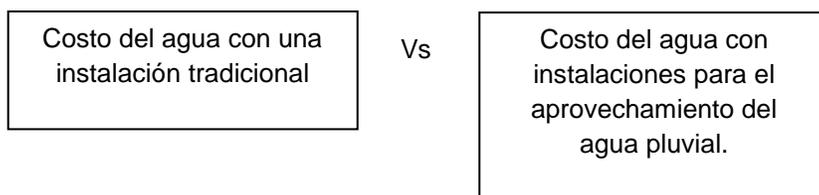
## Capítulo IV Evaluación de la propuesta

En un mercado donde los clientes buscan una vivienda de bajo costo inicial, los desarrolladores de vivienda pocas veces encuentran poco atractivo aplicar tecnologías sustentables ya que éstas generalmente representan un costo adicional a sus proyectos. Una manera de motivar la compra de vivienda que cuente con sistemas de aprovechamiento de agua pluvial y reutilización de aguas grises, es mostrar al cliente los beneficios económicos y ambientales a mediano y largo plazo.

En este capítulo se evalúa la propuesta desde el punto de vista económico. Para poder evaluar de manera justa los beneficios y los costos, se realizan dos análisis; uno que considere el Costo-Beneficio para el caso de utilizar solamente el agua pluvial, y el otro que considere el Costo-Beneficio de utilizar agua gris tratada. También se recurre a analizar el costo beneficio de la propuesta mediante la técnica del Valor Presente Neto (VPN)

### 4.1.- Evaluación del sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

Para evaluar la propuesta se realiza un comparativo de costos anuales acumulados de las dos opciones; el costo de utilizar agua con una instalación tradicional contra el costo de utilizar agua de la red y una parte de agua pluvial.



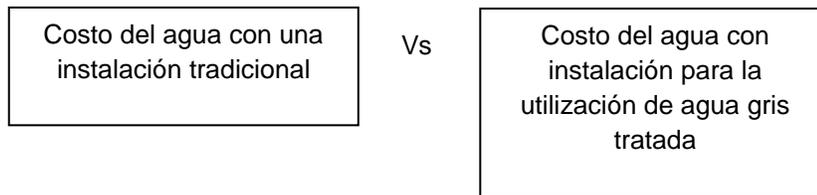
Como se mencionó con en el capítulo III, la demanda de agua del desarrollo es de 8,955 m<sup>3</sup> al año. De donde el 50% del volumen se cobra a \$11.00/m<sup>3</sup> y el otro 50% a \$76.50/m<sup>3</sup>. Se tiene entonces que el costo anual del servicio es de \$ 431,156.00

Ahora bien, si se cuenta con el sistema de aprovechamiento de agua pluvial, se espera que se tenga una reducción en el consumo de 98 m<sup>3</sup> anuales. Entonces la demanda de agua en el desarrollo será de 8,857 m<sup>3</sup>. Siendo 4,478 de la red y 4,379 suministrado por pipas; el costo anual del servicio será entonces de \$384,252.00

La diferencia entre costos anuales es de \$46,904.00, si comparamos este importe con el costo de la instalación que fue de \$112,048.00, se tiene que en aproximadamente 2 años y medio se recupera la inversión.

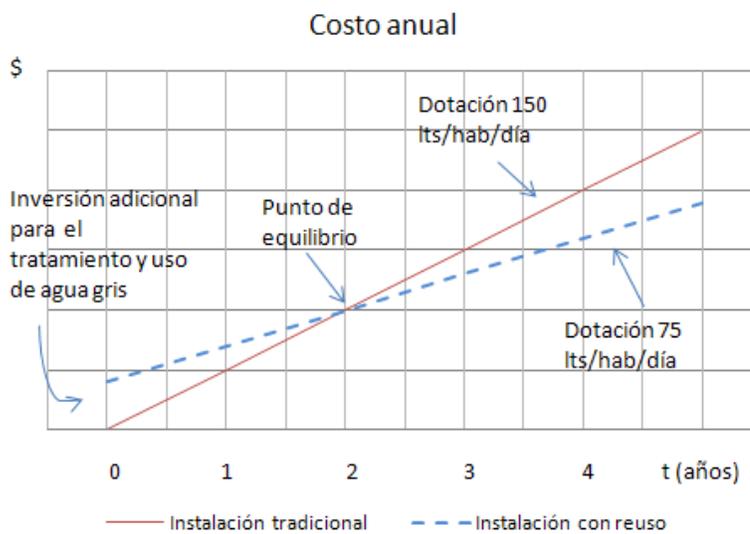
#### 4.2.- Evaluación del sistema de aprovechamiento de agua gris.

Para evaluar la propuesta de la instalación hidrosanitaria se recurre a un comparativo de costos entre el costo de utilizar agua en una instalación tradicional y el costo de utilizar agua con la instalación propuesta.



Básicamente se parte de comparar el costo anual de utilizar una instalación tradicional (con suministro de agua mediante la toma delegacional y por medio de pipas), contra el costo anual de utilizar una instalación con reutilización de agua gris tratada. En la figura 4.1 se muestra gráficamente la comparativa entre los dos sistemas.

Figura 4.1 Costo anual acumulado



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica, se observa el costo acumulado de dos dotaciones de agua a lo largo del tiempo, una de ellas (en línea continua) representa el monto anual acumulado de utilizar una instalación tradicional, la pendiente está en función de la dotación, la fuente de suministro (red delegacional o pipa) y el precio por m<sup>3</sup> de las fuentes de suministro; En el año cero el costo cero significa que no se debe considerar un costo por las instalaciones aunque se hayan propuesto sistemas economizadores de agua. La línea discontinua representa el monto anual acumulado de utilizar una instalación con reutilización de aguas grises, la pendiente como se observa es menor; esto se debe a que la dotación es menor y por tanto el pago por concepto de agua en pipa disminuye; también se considera un costo anual de mantenimiento pero éste no incrementa la pendiente de manera significativa. También se observa que en el año cero, existe un importe inicial; éste corresponde a la diferencia en monto que existe entre disponer una instalación para la reutilización de agua gris y del monto de una instalación que no cuenta con ella. Con el transcurso del tiempo, las pendientes se interceptan; es a partir de ese momento que los ahorros en pago de agua recuperan la inversión inicial.

#### **4.2.1 Consumo y costo anual de agua con instalación tradicional.**

Como se analizó en el capítulo III, consumir una dotación de 150 litros/hab/día para 180 habitantes, el volumen anual será de 9,855 m<sup>3</sup>; si de ésta dotación un 50% es a través de la toma delegacional y el otro 50% es con agua de pipas, y considerando que el precio es de \$ 11.00/m<sup>3</sup> y \$ 76.50/m<sup>3</sup> respectivamente; Se tiene entonces que el costo anual del agua es de \$ 431,156.25

#### **4.2.2 Consumo y costo anual de agua en la instalación propuesta**

Se debe tomar en cuenta el costo inicial de las instalaciones, el importe del agua, el consumo de energía eléctrica, un costo anual por mantenimiento y los incrementos de precios debidos a la inflación.

- Costo inicial de las instalaciones.

Se toma la diferencia del costo de la instalación tradicional menos el costo de la instalación propuesta. Retomando el dato de la tabla 3.2, el monto es \$ 612,381.00

- Costo anual del agua.

En el caso de que se contar con el sistema de reutilización de aguas grises, la dotación de agua potable es de 75 litros/hab/día para 180 habitantes el volumen anual será de 4,927.50m<sup>3</sup>; considerando que toma delegacional es capaz de suministrar este volumen; El costo anual del agua será de \$54,202.50 el primer año y se maneja que habrá un incremento del 5% anual.

- Costo por consumo de energía eléctrica.

Los tinacos destinados a la reutilización de agua gris son 12 con una capacidad de 1,100 litros; si una bomba de 1 HP puede suministrar 40 litros/min, el tiempo requerido de llenado será de aproximadamente 6 horas, en ese tiempo el consumo de energía será de 4.5 kw. Al año se tendrá un consumo de 1,643 kw, que a un precio de \$ 2.00 se tendrá un consumo anual de \$3,286.00 el primer año y un incremento del 5% anual.

- Costo anual por mantenimiento.

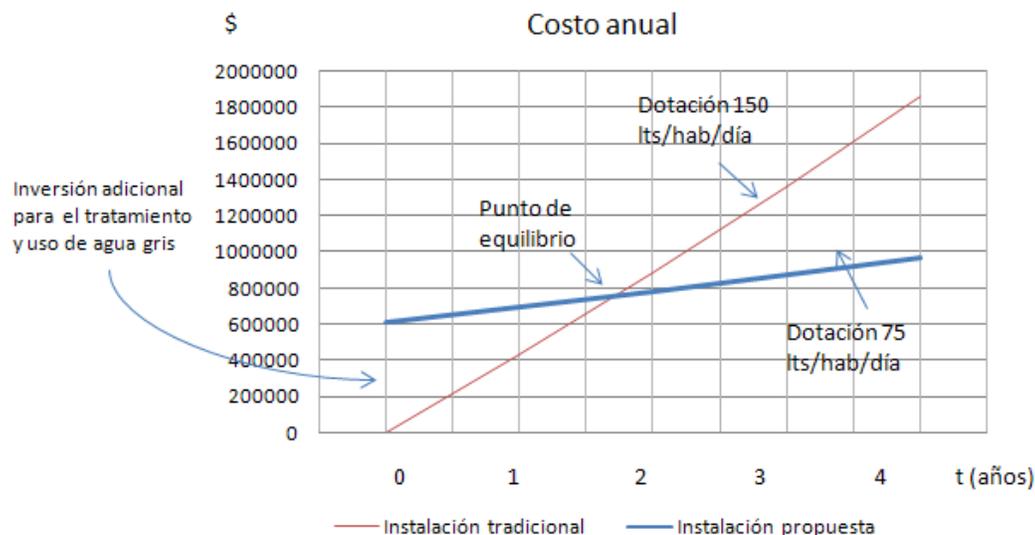
De acuerdo al fabricante el mantenimiento consiste en la limpieza de los registros prefabricados a la entrada de las trampas de grasas y del retiro de sedimentos en la primera de las cámaras esto se lleva a cabo con equipo de succión por vacío. Es importante que esta operación la realice personal capacitado que pueda determinar si las trampas de grasas están operando adecuadamente por los procesos biológicos que ahí se llevan a cabo. Se considera que los elementos filtrantes en malas condiciones sean sustituidos 1 vez al año y se suministren pastillas para el tratamiento de bacterias. El costo anual estimado de este mantenimiento será de \$25,300.00.

Considerando lo anterior, el costo anual de utilizar agua gris tratada será de 82,788.50 mas una inversión inicial de \$ 612,381.00.

### 4.3 Tiempo de recuperación de la inversión.

Aplicando los montos obtenidos a la gráfica de la figura 4.1, se observa que la inversión se recupera antes del segundo año de que estén habitadas las 36 viviendas.

Figura 4.1.- Comportamiento del costo anual de agua en los dos escenarios.



Comportamiento del importe en el consumo anual del agua con los dos escenarios

Año	a) Tradicional		b) Con reutilización de agua gris					
	Importe con una dotación anual de 150/hab/día	Importe Acumulado	inversión inicial	Importe con una dotación anual de 75/hab/día	Consumo de energía eléctrica (equipo adicional)	Importe del Mantenimiento anual	Importe anual	Importe acumulado
0		0	612,381.00				612,381.00	612,381.00
1	431,156.25	431,156.25	0.00	54,202.50	3,286.00	25,300.00	82,788.50	695,169.50
2	452,714.06	883,870.31	0.00	56,912.63	3,450.30	26,565.00	86,927.93	782,097.43
3	475,349.77	1,359,220.08	0.00	59,758.26	3,622.82	27,893.25	91,274.32	873,371.75
4	499,117.25	1,858,337.33	0.00	62,746.17	3,803.96	29,287.91	95,838.04	969,209.78
5	524,073.12	2,382,410.45	0.00	65,883.48	3,994.15	30,752.31	100,629.94	1,069,839.72
6	550,276.77	2,932,687.22	0.00	69,177.65	4,193.86	32,289.92	105,661.44	1,175,501.16

#### 4.4 Evaluación de la propuesta de acuerdo al criterio del Valor Presente Neto.

Un modo efectivo de evaluar la propuesta consiste en utilizar el método del *valor presente neto* (VPN), el cual se determina mediante la expresión.

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{St}{(1+i)^t} > 1$$

donde:

$S_0 =$  Inversión Inicial  
 $B_t =$  Beneficios totales  
 $C_t =$  Costos totales  
 $n =$  Vida útil  
 $i =$  Tasa de descuento

$$St = Bt - Ct$$

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC} \quad \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

En la tabla 4.1, se desarrolla el cálculo del Valor Presente Neto con los siguientes datos y consideraciones.

- 1) La inversión inicial es de \$ 612,500.00
- 2) Los costos totales del primer año son de \$28,586.00 con un incremento anual del 10%.
- 3) Los beneficios totales el primer año son por \$374,490.00 más un 10% anual.
- 4) Se estima una vida útil de 30 años.
- 5) Se aplica una tasa de descuento del 12% anual.
- 6) No se considera que haya valor de rescate.

Al final del cálculo, se tiene un Valor presente neto de \$ 6'609,546.00 y una relación Beneficio/Costo de 13.10; ambos indicadores hablan de un proyecto rentable al ser mayores los beneficios que los costos.

Tabla 4.1.- Cálculo del Valor Presente Neto.

vida útil del proyecto	Beneficios totales Bt	F	(1+i) <sup>n</sup>	$\sum_{t=1}^n \frac{B_n}{(1+i)^n}$	Costos totales Ct	F	$\sum_{t=1}^n \frac{C_n}{(1+i)^n}$	St = Bt - Ct	$\sum_{t=1}^n \frac{St}{(1+i)^t}$
1	374,490.00		1.120	334,366.07	28,586.00		25,523.21	345,904.00	308,842.86
2	411,939.00		1.254	328,395.25	31,444.60		25,067.44	380,494.40	303,327.81
3	453,132.90		1.405	322,531.05	34,589.06		24,619.81	418,543.84	297,911.24
4	498,446.19		1.574	316,771.56	38,047.97		24,180.17	460,398.22	292,591.39
5	548,290.81		1.762	311,114.93	41,852.76		23,748.38	506,438.05	287,366.55
6	603,119.89		1.974	305,559.31	46,038.04		23,324.30	557,081.85	282,235.00
7	663,431.88		2.211	300,102.89	50,641.84		22,907.80	612,790.04	277,195.09
8	729,775.07		2.476	294,743.91	55,706.03		22,498.73	674,069.04	272,245.18
9	802,752.57		2.773	289,480.63	61,276.63		22,096.97	741,475.94	267,383.66
10	883,027.83		3.106	284,311.33	67,404.29		21,702.38	815,623.54	262,608.95
11	971,330.61		3.479	279,234.34	74,144.72		21,314.84	897,185.89	257,919.50
12	1,068,463.68		3.896	274,248.01	81,559.19		20,934.21	986,904.48	253,313.80
13	1,175,310.04		4.363	269,350.73	89,715.11		20,560.39	1,085,594.93	248,790.34
14	1,292,841.05		4.887	264,540.89	98,686.62		20,193.24	1,194,154.42	244,347.65
15	1,422,125.15		5.474	259,816.95	108,555.29		19,832.65	1,313,569.86	239,984.30
16	1,564,337.67		6.130	255,177.36	119,410.82		19,478.49	1,444,926.85	235,698.87
17	1,720,771.43		6.866	250,620.62	131,351.90		19,130.66	1,589,419.54	231,489.96
18	1,892,848.58		7.690	246,145.25	144,487.09		18,789.04	1,748,361.49	227,356.21
19	2,082,133.43		8.613	241,749.80	158,935.80		18,453.52	1,923,197.64	223,296.28
20	2,290,346.78		9.646	237,432.84	174,829.38		18,124.00	2,115,517.40	219,308.85
21	2,519,381.46		10.804	233,192.97	192,312.31		17,800.35	2,327,069.14	215,392.62
22	2,771,319.60		12.100	229,028.81	211,543.54		17,482.49	2,559,776.06	211,546.32
23	3,048,451.56		13.552	224,939.01	232,697.90		17,170.30	2,815,753.66	207,768.71
24	3,353,296.72		15.179	220,922.24	255,967.69		16,863.69	3,097,329.03	204,058.55
25	3,688,626.39		17.000	216,977.20	281,564.46		16,562.55	3,407,061.93	200,414.65
26	4,057,489.03		19.040	213,102.61	309,720.90		16,266.79	3,747,768.12	196,835.82
27	4,463,237.93		21.325	209,297.20	340,692.99		15,976.31	4,122,544.94	193,320.89
28	4,909,561.72		23.884	205,559.75	374,762.29		15,691.02	4,534,799.43	189,868.73
29	5,400,517.90		26.750	201,889.04	412,238.52		15,410.83	4,988,279.37	186,478.22
30	5,940,569.69		29.960	198,283.88	453,462.38		15,135.63	5,487,107.31	183,148.25
	61,601,366.56			7,818,886.45	4,702,226.13		596,840.20		7,222,046.24

$$\text{VPN} = -612,500.00 + 7,222,046.24 = 6,609,546.24$$

$$\text{VPB} = 7,818,886.45$$

$$\text{VPC} = 596,840.20$$

$$\text{Relación B/C} = 13.10$$

Observación: al ser el VPN y B/C positivos, se considera que el proyecto es rentable; es decir son mayores los beneficios que los costos

#### **4.5 Conclusión capitular.**

De acuerdo a los criterios establecidos y las condiciones asignadas para este caso, existe una evaluación positiva de la inversión.

Utilizar un método como el Valor Presente Neto facilita estudiar el caso para distintas condiciones; por ejemplo, un costo de la instalación más elevado, un periodo de vida útil menor, un porcentaje de interés variable, etc. Probablemente no se dé el caso de que sea necesario el suministro de agua con pipa, y aún así pueda ser rentable el instalar algún tipo de sistema para reducir el agua de la red.

## Capítulo V Conclusiones y comentarios.

En el presente capítulo se comentan los resultados obtenidos del estudio de la propuesta, se establecen las conclusiones y finalmente se enlistan algunas líneas de investigación que a criterio de un servidor pueden dar continuidad al trabajo realizado.

La propuesta de diseñar una instalación hidráulica sanitaria para utilizar agua pluvial en la unidad habitacional consideró los siguientes aspectos: 1) Se determinó la altura de precipitación media anual en la zona de estudio con registros de precipitación de la estación pluviométrica número 9014. 2) Con base al proyecto arquitectónico se calculó la superficie efectiva para la captación de agua pluvial. 3) Se definieron las posibles actividades que pudieran utilizar agua pluvial y se estimó el volumen requerido, 4) se propuso la capacidad de los contenedores para el almacenamiento del agua pluvial. 5) se propuso sistema de tratamiento con equipos disponibles en el mercado, 6) se calcularon los costos de la instalación, operación y mantenimiento. 7) finalmente se elaboró un análisis de costo beneficio para determinar la factibilidad económica.

Como resultado de considerar la posibilidad de utilizar agua pluvial se concluye lo siguiente:

- 1) La superficie efectiva de captación es relativamente poca, a pesar que la altura de precipitación media anual de la zona es mayor que la media para la ciudad de México, el volumen de agua captado no es suficiente para cubrir alguna actividad que no requiera agua de calidad potable. El déficit de agua deberá ser cubierto con agua de primer uso o con agua gris tratada.
- 2) Al realizar el análisis del costo beneficio se observa que el costo de la instalación es elevado en relación al volumen de agua que puede ser aprovechado.
- 3) La decisión del proyectista de destinar mayores áreas verdes al desarrollo, así como la utilización de pavimento permeable, permite un mejor aprovechamiento del agua pluvial ya que de este modo la recarga del acuífero se da de manera natural.

La propuesta de diseñar una instalación hidráulica sanitaria para utilizar agua gris tratada en la unidad habitacional consideró los siguientes aspectos: 1) se determinó el volumen de aguas grises generado por día, 2) se definieron las actividades que fueran factibles de utilizar agua gris tratada y se estimó el volumen requerido, 3) se propuso una instalación hidráulica sanitaria que separara las aguas grises de las aguas negras, 4) se propuso un sistema de tratamiento con equipos disponibles el mercado,

5) se calcularon los costos de instalación, operación y mantenimiento, 6) se elaboró un análisis del costo beneficio para determinar la factibilidad económica.

El objetivo de determinar si utilizar agua gris tratada en el desarrollo habitacional podía ser económicamente viable se cumplió; esto se comprobó con el cálculo de producción de agua gris, la definición de las actividades podían utilizar agua gris tratada y el volumen de agua que requerían estas actividades.

### ***Líneas de Investigación***

El tratamiento de aguas grises y su reutilización, es una actividad con poca práctica sistematizada en nuestro país, (hay mucho de práctica empírica, pero no se tiene mucha información registrada y analizada).

Algunas tesis desarrolladas en la UNAM han realizado algunas mediciones sobre los contaminantes que se presentan en las aguas jabonosa y como eliminarlos. Se debe seguir en estos estudios a fin de poder desarrollar tecnología propia.

Existen propuestas de eliminar los compuestos de las aguas jabonosas mediante la aplicación de cal, incorporación de aire y sedimentación, habrá de probar el sistema en un nuevo desarrollo.

Elaborar análisis de los componentes del agua jabonosa (o caracterización) en unidades habitacionales que ya estén en funcionamiento esto ayudará a mejorar los equipos actuales y crear especificaciones para los equipos más acordes a nuestro país.

La trampa de grasa que se utilizó en la propuesta de tratamiento de aguas grises está diseñada para recibir las aguas provenientes del fregadero, por lo que ésta puede modificarse para hacer más efectivo el tratamiento de aguas jabonosas solamente (posiblemente pueda ser de menor dimensiones lo que pueda motivar su utilización al requerir menos espacio en la áreas comunes del desarrollo).

El agua jabonosa proveniente de las lavadoras tiene dos calidades. En ese sentido, podría proponerse a los fabricantes de lavadoras que se hagan dos salidas para el agua ya utilizada, una para el agua proveniente de la lavada y enjabonada (1er ciclo) y la segunda para desalojar el agua del enjuague (2º ciclo); así la instalación propuesta puede tener otra variante, que el agua proveniente del 1er ciclo sea conducida a las aguas negras y el agua producto del 2º ciclo pueda ser conducida al sistema de tratamiento de aguas grises. Al ser menor el volumen de agua gris a tratar, se puede pensar en que los

costos de la instalación serán menores; sin embargo esta propuesta tiene el inconveniente de que el volumen de aguas negras será mayor pasando el problema nuevamente a los municipios.

Existe una unidad habitacional de reciente construcción en la delegación Azcapotzalco, que se construyó con recursos del Instituto de Vivienda del Distrito Federal, dicha unidad cuenta con tecnología para el aprovechamiento del agua pluvial y el reuso de agua jabonosa tratada, se propone realizar un estudio que dé seguimiento a la operación de este tipo de instalaciones, para detectar posibles omisiones y realizar las modificaciones necesarias.

Proponer el sistema en unidades habitacionales que ya estén en funcionamiento, generalmente los baños de una unidad habitacional vertical se encuentran alineados, esto representa una ventaja ya que puede se puede realizar una línea de agua gris tratada paralela a la alimentación de agua de primer uso. De manera paralela a este estudio, se realizó una instalación en la vivienda de un servidor para comprobar que es posible instalar una toma de agua pluvial o agua gris en un inodoro que ya cuenta con una toma de agua de primer uso. En la fotografía se muestra un arreglo para llevar a cabo esta adaptación. La línea adicional no requiere de modificar los interiores de los baños.



Estas son algunas propuestas técnicas. Sin embargo, de nada sirven si no se crea previamente la conciencia del ahorro por el agua, desafortunadamente los habitantes de escasos recursos son los que más pagan por el agua y no solamente el costo económico, sino que viven diariamente los efectos de no contar con un servicio de agua de calidad y continuo. La conciencia del agua debe permear a los usuarios que contando con el servicio fomentan su desperdicio, a los centros escolares donde se siembra las nuevas conciencias, a las organizaciones sociales, las autoridades encargadas del manejo del recurso.

### ***Comentarios finales***

El cambio climático ha ocasionado que las temporadas de lluvias no se comporte de manera “regular” como lo había sido hasta hace unos años en la ciudad, en esta situación es complicado definir criterios para estimar el volumen de agua que lloverá en un tiempo determinado. Ya que la tendencia en el comportamiento de la lluvia seguirá siendo atípico, las dimensiones de las estructuras destinadas a la captación, recolección tratamiento y aprovechamiento de agua de lluvia puede ser en algunos momentos insuficiente (cuando se presente lluvias que rebasen los máximos históricos), y en otros esté sobredimensionada (cuando se presentan largas temporadas de sequía).

Como una apreciación personal el aprovechamiento del agua pluvial en un desarrollo inmobiliario vertical tiene mayores ventajas cuando se destina mayor porcentaje de para las áreas verdes.

En contraste, la producción de agua gris tiene un comportamiento más uniforme a lo largo del año, pues es proporcional al número de habitantes de la unidad habitacional. Esta situación es muy importante pues se puede definir un rango de volúmenes que nos permiten diseñar con cierta precisión la capacidad de las estructuras destinadas a la recolección, tratamiento y distribución del agua gris (como se comprobó en el estudio).

Los avances en tecnología de tratamiento de aguas residuales se han dado sobre todo en países con escasez de agua en donde se cuenta con una larga tradición para el manejo eficiente del recurso; casos como España, Israel o los países árabes han convertido la reutilización de aguas grises en una opción técnica y económicamente viable.

La aplicación de ésta tecnología tiene el potencial de poderse aplicar en la construcción de los nuevos desarrollos, según la Cámara Nacional de Vivienda CANADEVI, la construcción de vivienda nueva en todo el país para el periodo de 2011 a 2020 será de 5.76 millones, aquí se tiene un nicho de aplicación bastante amplio para aplicar y mejorar la propuesta presentada en este trabajo.

Independientemente del desarrollo de tecnología para el tratamiento de agua gris, es recomendable la separación de aguas grises de las aguas jabonosas, no solamente dentro del predio, sino a una red exclusiva para la conducción de aguas grises que desemboque en lugares estratégicos que puedan ser consumidores potenciales de agua gris como áreas verdes comunes, autolavados, sanitarios de centros comerciales, etc.

Para resolver la problemática del agua en la Ciudad de México es necesario el trabajo conjunto de gobierno y sociedad. El gobierno se ha trazado una serie de acciones a través de la Agenda del agua 2030 que de llevarse a cabo, darán solución a la mayor parte de los problemas que en materia del agua tiene el país; sin embargo también debe encontrar los mecanismos que faciliten la implementación de estas acciones. Por otra parte, la comunidad universitaria ha tomado mayor participación en el tema; un ejemplo de ello es la creación de la Red del Agua de la UNAM, la cual se formó como consecuencia del IV Foro Mundial del Agua realizado en México en el año 2006, mediante esta Red, se han conjuntado los esfuerzos universitarios en materia del agua, pues se analiza la problemática y posibles soluciones desde una perspectiva multidisciplinaria.

Así también es de reconocer el ingenio con que muchas personas han resuelto su problema de escasez del agua; durante la fase de acopio de información se encontró que el reuso de agua jabonosa y el aprovechamiento del agua pluvial es una actividad que se practica en varias zonas, este manejo no es eficiente ya que prácticamente al planear la vivienda no se pensó que algún día habría escasez de agua, por lo que las adaptaciones hechas son improvisadas. A estas personas les ha quedado claro la importancia del recurso.

Hay un campo de aplicación importante para los ingenieros de esta generación, es el momento de incorporar en nuestras actividades sea cual fuere el área en que se desarrolle (diseño, proyecto, construcción o mantenimiento) prácticas de sustentabilidad, aún estamos a tiempo. Recordemos el concepto *“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”*

# ANEXOS

## Anexo 1

Datos de la precipitación pluvial en la zona

**ANALISIS DE LA PRECIPITACION REGISTRADA  
EN LA ESTACION PLUVIOMETRICA No. 9014 "SANTA ÚRSULA COAPA"**

No.	AÑO	Precipitación acumulada anual (mm)	Días con lluvia mayor a 1 mm	Precipitación promedio por evento (mm)	Precipitación máxima anual
1	1991	821.7	98	8.4	57.0
2	1992	1082.0	134	8.1	39.0
3	1993	781.9	103	7.6	53.5
4	1995	1080.8	104	10.4	68.0
5	1996	797.6	88	9.1	47.0
6	1997	795.1	117	6.8	38.0
7	1998	840.3	87	9.7	79.0
8	2001	1061.4	119	8.9	52.0
9	2002	946.5	112	8.5	73.0
10	2005	628.2	84	7.5	36.0
11	2007	949.7	104	9.1	48.0
12	2008	597.7	86	7.0	38.0
	sumas	10,382.9	1,236.0	100.9	
	Promedios	1730.5	206	16.8	79.0
					maxima en el periodo

Anexo 1

Datos de la precipitación pluvial en la zona.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION 9014 UBICADA EN LA COLONIA SANTA ÚRSULA COAPA

AÑO - MES	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	28	29	30	31
1991-01	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
1991-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991-04	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991-05	4.5	0	0	0	0	7	0	8	3	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	8.9	0	0
1991-06	0	0	0	0	0	0	0	8	1	12	3	0	0	4	25	0	3	42	9	10	4	6	0	9.6	11	25	0	14.7	5	2	0
1991-07	1.5	5	2	5	25	57	8	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	23	6	19	9	6.5	18	5.5	2	8	4.6	0	2	5	0
1991-08	0	5	6	0	0	4	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	6.5	7	4	0	0	3	3	0
1991-09	5.5	7	9	25	2	22	3	6	4	0	0	0	0	0	2	3	2	22	3	4	4	8	0	3.5	0	0	0	4.5	3	4	0
1991-10	0	3	9	26	32	0	6	0	11	17	0	0	0	0	0	0	0	4	8	22	0	1.3	3	0	3	0	0	3.5	0	2	6
1991-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1991-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1.5	11.5	1	5	6
1992-02	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	1	0	0
1992-04	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	0	0	0	0
1992-05	0	0	0	6	2	16	2	0	3	1	0	1	9	2	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	18	8
1992-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992-07	0	4	3	0	0	0	1	7	1	3	5	7	18	10	11	1.5	6	0	2	0	39	13	20	10.3	9	38	11.7	0	4	0	5
1992-08	18.7	0	14	2	5	20	3	0	2	1	19	0	3	1	10	14.5	2	4	4	20	1	0	5	4.5	8	6	0	0	7	1	2
1992-09	11.5	8	1	0	0	1	11	5	3	8	22	6	1	3	4	13.3	0	0	0	5	12	3.5	27	10	3	8	11	0	0	2	0
1992-10	6.5	4	0	13	18	5	3	0	0	0	5	27	10	13	9	10	9	12	26	15	8	5.5	13	0	3	0	0	0	0	2	0
1992-11	22	4	7	0	2	12	21	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992-12	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	18	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993-01	0	0	1	6	4	0	3	0	8	0	0	0	0	0	18	9	0	0	0	8	0	0	0	5	0	0	0	0	0	7	0
1993-02	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993-04	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	11	0	0	0	0	0	0	0
1993-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	12.5	6	10	0	0	
1993-06	0	0	5	0	0	0	4	8	3	24	0	1	22	25	9	3.5	6	5	8	12	6	53.5	12	0	2	5	0	0	20	3	0
1993-07	0	11	8	10	3	5	8	7	9	5	2	4	3	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5	6	0	7
1993-08	0	9	10	6	1	0	18	3	5	0	0	0	5	0	0	7.8	0	4	3	0	0	3.8	1	17.6	4	8	0	5.2	2	0	2
1993-09	0	0	8	14	0	3	0	8	0	13	0	0	26	9	7	3.5	0	4	2	4	11.3	5	13.2	0	0	4.5	0	0	0	0	
1993-10	0	0	0	0	4	0	11	0	6	2	3	0	2	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
1993-11	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995-01	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0
1995-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995-03	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	4.5	6	0	0	
1995-05	0	0	5	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	42	0	1.5	1.6	1	1	1
1995-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	13	23	52	17	0	9	3	3	23	5	2.3	5	0	5	3	10	5.5	9	47	0

UNAM | Propuesta de instalación manufacturera sanitaria para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de agua pluvial en unidades habitacionales ubicadas en la Ciudad de México”

## Anexo 1

## Datos de la precipitación pluvial en la zona.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION 9014 UBICADA EN LA COLONIA SANTA ÚRSULA COAPA																																		
AÑO - MES	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	28	29	30	31			
1995-07	6.7	2	7	1	0	2	1	0	0	1	28	16	17	8	2	0	3	0	4	0	0	2.5	0	3.5	2	3	17.8	4.8	7	0	5			
1995-08	0	16	0	0	16	9	68	17	7	4	5	5	1	0	0	21.1	4	6	0	3	4	5.3	33	6.7	7	10	3.8	0	0	1	4			
1995-09	4.5	37	9	21	0	0	0	0	0	0	2	0	0	8	4	0	0	0	4	0	0	13.8	0	0	8	0	0	0	0	0	0			
1995-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	19.8	8	9	0	0	0	0	0			
1995-11	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	18	6.8	0	0	0	0	0	0	0	0			
1995-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.3	23	8	0	0	21	33	0			
1996-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1996-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1996-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1996-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7.3	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	2	5	0			
1996-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.8	0	0	0	20			
1996-06	8.2	0	0	8	0	0	0	0	6	0	0	4	0	4	8	23.2	12	13	37	4	0	0	0	0	24	0	10.3	2	3	0	0			
1996-07	0	0	4	12	4	8	9	0	2	0	6	5	12	0	4	0	9	0	0	1	2	0	0	1.3	0	0	4.7	0	0	25	35			
1996-08	3.8	1	0	0	2	5	21	4	1	13	5	7	3	23	11	4	1	0	2	1	6.6	2	10.5	4	3	0.1	0.1	0	0	0	40			
1996-09	0.1	0	0	17	0	0	14	15	2	0	0	47	2	13	0	10.3	28	1	8	3	1	8	25	19.5	2	5	0	0	0	0	0			
1996-10	0	5	8	0	7	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1996-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1996-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	2.7	0	6	9	0	8	2.3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0		
1997-04	0	0	0	0	0	0	18	0	4	5	0	0	0	0	14.5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-05	2.5	0	9	0	5	4	2	0	0	5	4	0	9	6	0	2.2	4	5	0	10	0	16.7	1	2.4	3	1	0	0	0	0	0			
1997-06	3.5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0	9	0	0	0	2	12	5	0	8	3.5	20	2	0	2.6	0	6	0	0			
1997-07	1.5	3	0	24	5	7	17	1	0	0	0	14	1	7	0	0	22	0	0	0	7	2.5	18	15	7	5	0	4.5	2	9	0			
1997-08	5.6	0	0	1	0	2	0	11	1	2	2	22	1	0	0	9.5	38	8	0	2	0	0	11.5	0	2	4	5.2	7	0	3	0			
1997-09	0	1	0	2	13	5	8	5	0	5	0	0	2	3	4	5	3	0	0	3	6	2.5	0	7.6	1	3	0	0	10	13	0	0		
1997-10	0	3	0	0	18	3	2	0	0	2	6	7	35	0	10	9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0		
1997-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-06	3.5	3	2	0	1	4	0	1	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	6.8	10	4	0	0	0		
1998-07	0	11	0	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8	4	0	0	0	3	0	0	1.5	20	3	0	13.7	1	0	0	0		
1998-08	11.8	5	0	27	14	15	0	0	0	6	26	1	3	30	0	12	11	0	1	14	0	1	2.5	0	0	4.7	5	5	0	23	0	0		
1998-09	7.8	3	0	0	4	24	35	0	23	9	0	0	6	42	17.5	4	10	13	3	0	0	13	12.3	26	79	18.5	14.5	4	1	0	0	0		
1998-10	2.5	4	8	0	11	33	1	0	0	4	0	5	10	24	0	1.2	3	6	0	2	1	1.5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1998-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 1

Datos de la precipitación pluvial en la zona.

**REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION 9014 UBICADA EN LA COLONIA SANTA ÚRSULA COAPA**

AÑO - MES	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	28	29	30	31
2001-01	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2001-02	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2001-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2001-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	9.7	10	11	0	0.01	5	0	
2001-05	0	3	0	0	0	13	3	17	5	4	0	0	40	6	5	4	5	2	23	0	4	0	3	9	5	6	0	5	7	0	2
2001-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	11	5	18	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2001-07	0	26	11	21	0	0	5	7	6	21	1	7	0	0	0	2.7	0	1	20	9	7	0	0	1.7	16	12	3.4	2.5	0	0	
2001-08	5.5	9	0	2	43	4	12	3	0	17	10	1	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	9.6	0	9	2.5	0	6	0	0
2001-09	9.6	0	32	10	6	0	11	0	14	12	12	30	0	0	3	0	5	0	0	10	15	28	23	0	0	0	0	0	0	0	
2001-10	5	6	7	3	2	0	7	4	4	6	7	7	6	7	5	6	4	4	7	6	1	4	6	5	6	2	4.1	6.1	5	5	7
2001-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
2001-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002-01	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002-02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2002-04	0	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002-05	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	3	2	5.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
2002-06	8.3	6	1	6	4	1	15	1	0	0	7	1	0	0	1	0	0	0	0	9	0	1.5	0	0	0	0	73	0	0	1	
2002-07	4.3	0	14	12	12	11	12	3	5	16	8	8	5	0	0	13.5	0	0	0	0	13	13.5	1	0	0	0	0	5.5	10	11	8
2002-08	8.4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	12	0	4.5	0	2	1	5	0	5	2	2.5	2	22	0	0	0	0	3	9
2002-09	6.6	0	1	72	12	15	4	46	5	4	34	24	2	4	2	5.5	18	0	3	7	5	0	0	1	0	10.6	9.8	10	5	0	
2002-10	0	0	3	0	0	3	20	2	61	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	9	0	0	0	8	5	0	1	0	1	
2002-11	0	3	0	0	17	6	1	4	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2005-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	4.2	0	0	1	0	0	1.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-05	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	1.2	0	0	0	0	0	4.5	0	1	0
2005-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	1	0	0	0	0	0	2	19.8	36	16.5	22	0	0	2	17	0	0
2005-07	0	0	0	2	21	19	21	2	3	0	0	3	0	0	0	0	0	29	8	15	3	7.5	0	0	11	8	3	8	0	4	0
2005-08	0	5	6	1	0	10	3	1	0	5	5	0	12	3	4	0	0	4	0	3	17	7.5	3	9.5	21	1	0	0	0	24	13
2005-09	0	3	3	4	3	0	0	8	28	4	6	0	0	12	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005-10	0	0	0	22	9	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.7	0	0	0	0
2007-02	0	0	7	12	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007-04	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	5	0	0	0	0
2007-05	2.5	1	2	1	0	0	1	7	2	0	0	3	0	0	0	0	0	48	3	1	0	0	11	2	2	12	0	0	0	0	0
2007-06	0	0	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6	4	13	0	0	4	0	9	0	0	6.5	0	1	0
2007-07	14	6	0	23	6	0	20	21	0	2	0	0	0	0	22	32	29	11	0	7	5	3.5	2	0	0	0	0	0	0	5	0
2007-08	0	1	3	8	4	15	9	7	0	0	0	2	4	8	0	18	14	0	0	0	1	27	0	3	18	3	2	9	4	6	17

## Anexo 1

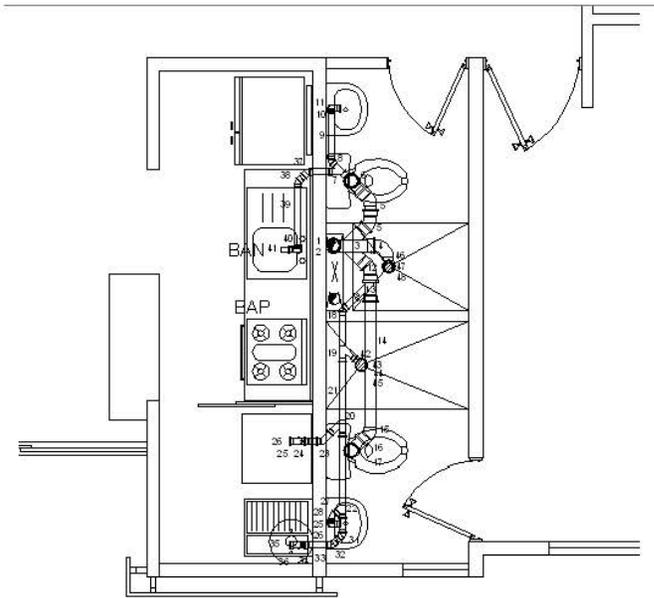
## Datos de la precipitación pluvial en la zona.

REGISTROS PLUVIOMETRICOS DE LA ESTACION 9014 UBICADA EN LA COLONIA SANTA ÚRSULA COAPA

AÑO - MES	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	28	29	30	31
2007-09	0	8	4	0	0	24	22	20	24	37	11	9	3	0	6	10.5	0	32	28	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5	1.5	6	0
2007-10	0	0	0	4	0	0	0	3	7	5	0	0	0	6	2	4	0	0	0	8	6	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0
2007-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1.5	0	0	0	1	0	0	1.5	0	3	3.5	2	0	0	0	0
2008-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-06	4	3	0	15	0	0	0	4	2	6	11	0	0	5	0	0	5	3	0	0	0	0	5	7	0	0	0	14	0	0	0
2008-07	8	4	10	12	4	9	3	9	4	0	0	17	0	0	0	3.5	2	0	0	0	1	0	18	6.5	4	0	1.5	1.2	0	1	0
2008-08	3	24	0	6	9	8	36	3	0	2	4	0	0	4	0	3	0	0	0	5	0	0	15	20	0	3.5	0	2	1	3	0
2008-09	35	0	3	1	13	6	14	0	1	0	0	0	5	9	0	16	4	3	0	1	2	2	4	0	3	2	0	0	0	0	0
2008-10	0	0	0	0	0	23	2	0	0	0	4	0	3	5	2	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

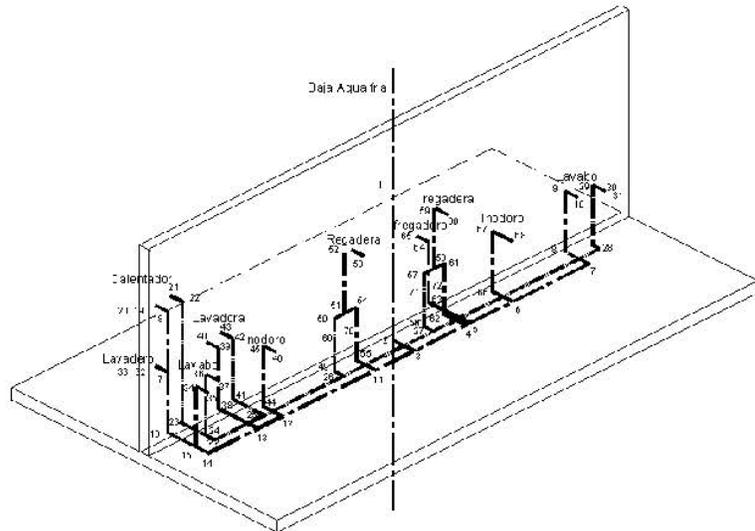
Anexo 2

Proyecto de la instalación Propuesta



Aguas Negras

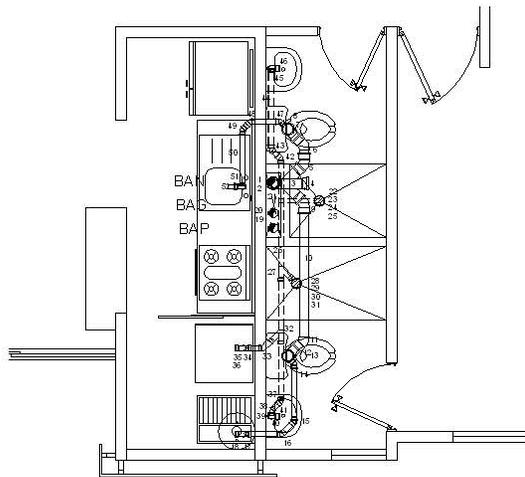
Instalación Sanitaria tradicional



Instalación hidráulica tradicional

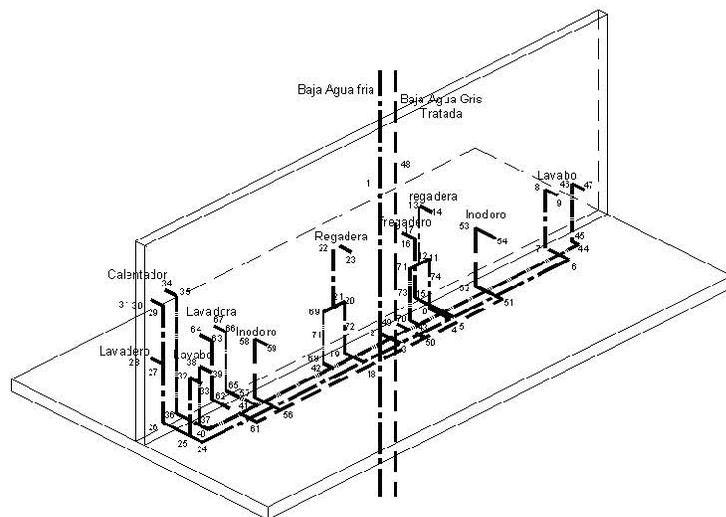
Anexo 2

Proyecto de la instalación Propuesta



Aguas Negras —————  
 Aguas Grises - - - - -

Instalación Sanitaria propuesta



Instalación hidráulica propuesta

## Anexo 2

### Proyecto de la instalación Propuesta

#### **Cuantificación de material por vivienda**

**Tubería de la instalación hidráulica tradicional**

No.	Desglose por vivienda	Elemento	cantidad
1	Tubo 1" (32 mm)		3 m
2	Tubo 3/4" (25 mm)		11.60 m
3	Tubo 1/2" (20 mm)		27.30 m
5	Tee 1"	2	1
6	Tee 1" x 3/4 x 3/4"	3	1
7	Tee 3/4 x 3/4 x 1/2"	4,5, 11, 12, 13, 15, 17, 24, 25, 26	10
8	Tee 3/4 x 1/2 x 1/2"	6,27	2
9	Codo 1/2	7,8,9,28, 29, 30, 34, 36, 38, 41, 42, 44, 45, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 47	28
10	Conector macho 1/2"	10, 31, 32, 35, 37, 40, 43, 46, 53, 60, 65, 68	12
11	Codo 3/4"	14, 16, 18, 22, 23	5
12	Tuerca unión 3/4	20, 21	2
13	Llave Nariz	33	1
14	Válvula de esfera 3/4	19	1
15	Tee de 1/2"	51,58	2
16	llave de empotrar	69,70,71,72	4

**Tubería de la instalación hidráulica propuesta**

No.	Desglose por vivienda	Elemento	cantidad
1	Tubo 1" (32 mm)		3 m
2	Tubo 3/4" (25 mm)		14.65 m
3	Tubo 1/2" (20 mm)		29.75 m
5	Tee 1"	2	1
6	Tee 1" x 3/4 x 3/4"	3	1
7	Tee 3/4 x 3/4 x 1/2"	4, 18, 25, 27, 37, 41, 42	7
8	Tee 3/4 x 1/2 x 1/2"	5, 43	2
9	Codo 1/2	6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 19, 20, 22, 32, 38, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 57, 58, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71	30
10	Conector macho 1/2"	9, 14, 17, 23, 28, 33, 39, 47, 54, 59, 64, 67	12
11	Codo 3/4"	26, 29, 35, 36, 40, 45	6
12	Tuerca unión 3/4	31, 34	2
13	Llave Nariz	28	1
14	Válvula de esfera 3/4	30	2
15	Tee de 1/2"	12, 21, 56	3
16	llave de empotrar	72, 73, 74, 75	4

**Tubería de la instalación sanitaria tradicional**

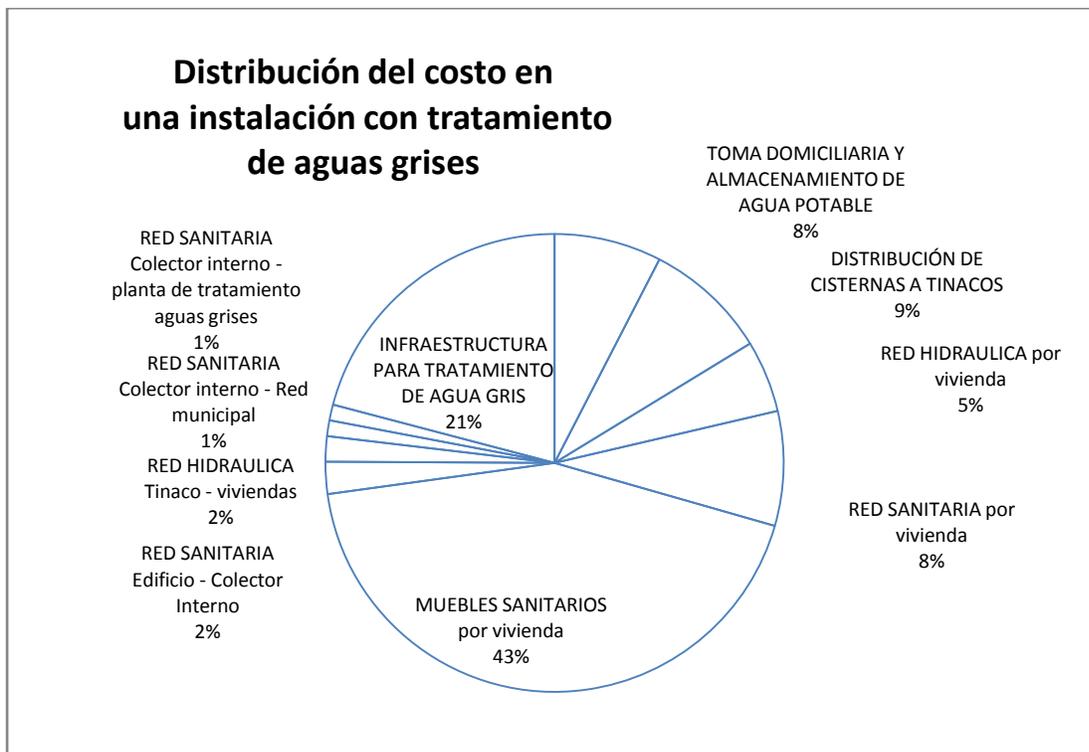
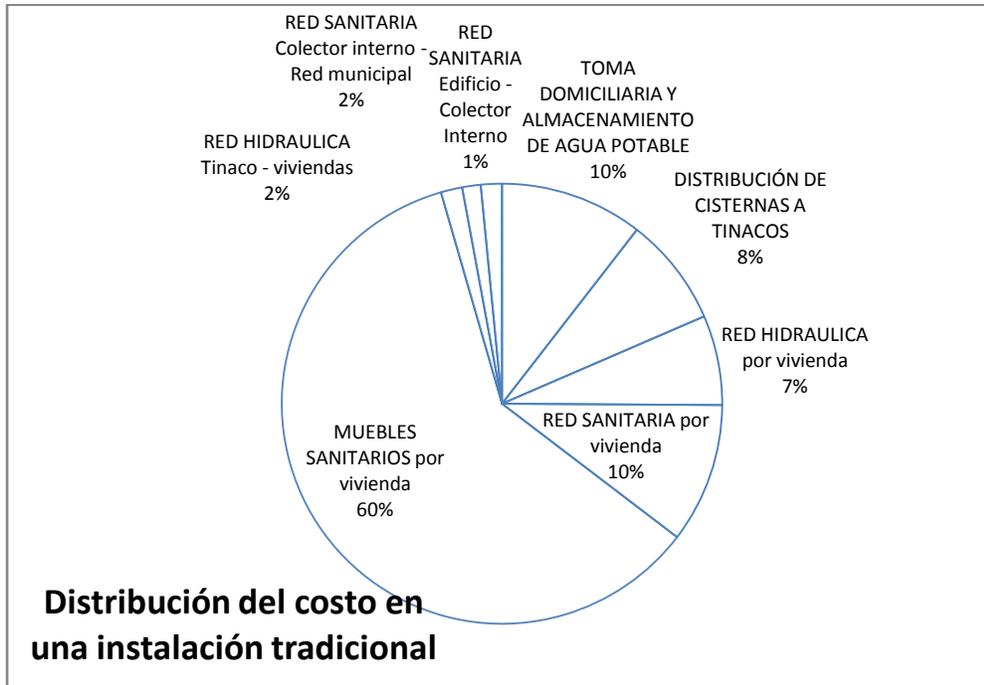
No.	Desglose por vivienda	Elemento	cantidad
1	Tubo PVC sanitario 4"	1,7, 14, 17	5.5
2	Tubo PVC sanitario 2"	11, 42,44, 47, 21, 26, 33, 36, 30, 42	12.3
3	Tee PVC san 4"	2	2
5	Yee doble 4"	3	1
6	Codo 90 x100	4, 16	2
7	codo 45 x100	5,5', 12, 15,	4
8	Codo 90 x100 sal tras	6	1
9	Codo 45 x50	8, 18, 23, 31, 32, 27, 38, 39,	8
10	Codo 90 x50	9, 10, 43, 24, 25, 34, 35, 28, 29, 40, 41	11
11	Yee 4", salida lat 2"	13	1
12	Yee 2"	19, 20, 22, 37,	4
13	Coladera de piso helvex	45, 48	2
14	Reducción 4" a 2"	46	1

**Tubería de la instalación Sanitaria propuesta**

No.	Desglose por vivienda	Elemento	cantidad
1	Tubo PVC sanitario 4"	1, 8, 13, 10, 19,	8
2	Tubo PVC sanitario 2"	19, 22, 24, 26, 28, 36, 41, 50, 44	14.1
3	Tee PVC san 4"	2, 20	2
5	Yee doble 4"	3	1
6	Codo 90 x100		
7	codo 45 x100	5, 6, 9, 11,	4
8	Codo 90 x100 sal tras	7,	1
9	Codo 45 x50	14, 15, 16, 33, 37, 38, 47, 48, 49, 42, 43	11
10	Codo 90 x50	17, 18, 23, 29, 34, 35, 39, 40, 50, 51, 45, 46	12
11	Yee 4", salida lat 2"		
12	Yee 2"	21, 27, 32	3
13	Coladera de piso helvex	25, 31	2
14	Reducción 4" a 2"	20',	1
15	Tapa de inserción 4"	4	1
16	Codo 90 x100 sal lat 2"	12	1

Anexo 3

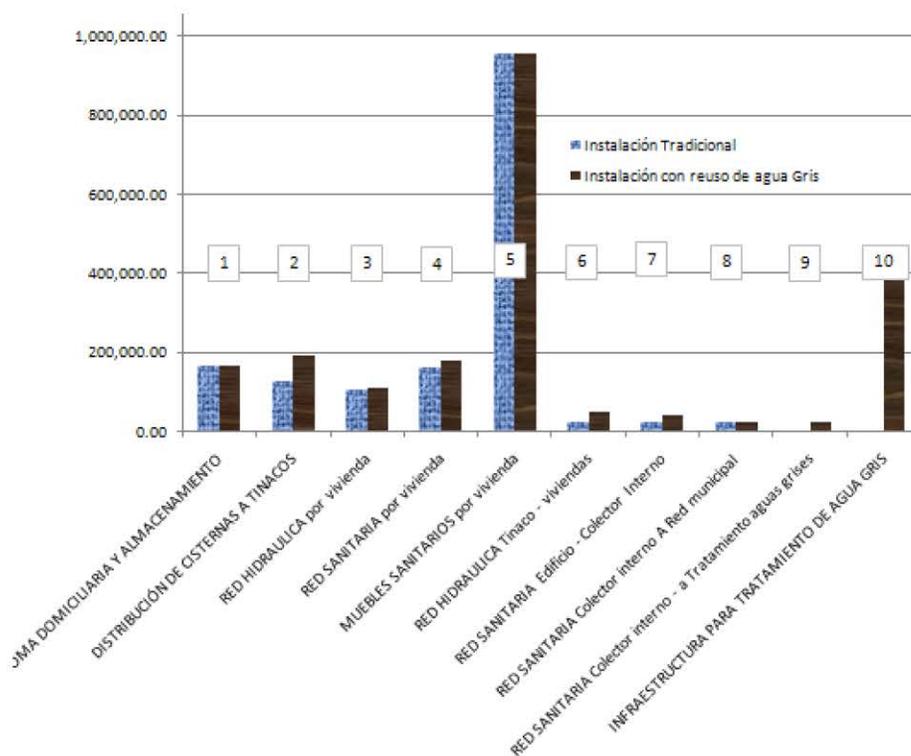
Costo de las instalaciones



## Anexo 3

## Costo de las instalaciones

COMPARATIVA POR PARTIDA ENTRE LOS DOS SISTEMAS				
1	TOMA DOMICILIARIA Y ALMACENAMIENTO		166,228.13	166,228.13
2	DISTRIBUCIÓN DE CISTERNAS A TINACOS		126,952.16	191,196.12
3	RED HIDRAULICA por vivienda		104,459.36	111,575.02
4	RED SANITARIA por vivienda		162,744.95	177,607.04
5	MUEBLES SANITARIOS por vivienda		953,011.80	953,011.80
6	RED HIDRAULICA Tinaco - viviendas		24,875.28	49,750.56
7	RED SANITARIA Edificio - Colector Interno		21,538.80	39,237.60
8	RED SANITARIA Colector interno A Red municipal		24,492.00	24,492.00
9	RED SANITARIA Colector interno - a Tratamiento aguas grises			24,492.00
10	INFRAESTRUCTURA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS			459,093.10
TOTAL			1,584,302.48	2,196,683.37



### Anexo 3 Costo de las instalaciones

#### PRESUPUESTO DE OBRA CON INSTALACION TRADICIONAL

Para 36 viviendas

consumo estimado 150 lts/hab/día

PARTIDA	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	% incidencia
TOMA DOMICILIARIA Y ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE	lote	1.00	166,228.13	166,228.13	10.49%
DISTRIBUCIÓN DE CISTERNAS A TINACOS	lote	1.00	126,952.16	126,952.16	8.01%
RED HIDRAULICA por vivienda	vivienda	36.00	2,901.65	104,459.36	6.59%
RED SANITARIA por vivienda	vivienda	36.00	4,520.69	162,744.95	10.27%
MUEBLES SANITARIOS por vivienda	vivienda	36.00	26,472.55	953,011.80	60.15%
RED HIDRAULICA Tinaco - viviendas	Edificio	12.00	2,072.94	24,875.28	1.57%
RED SANITARIA Edificio - Colector Interno	Edificio	12.00	1,794.90	21,538.80	1.36%
RED SANITARIA Colector interno - Red municipal	lote	1.00	24,492.00	24,492.00	1.55%
				<b>1,584,302.48</b>	<b>100.00%</b>

#### PRESUPUESTO DE OBRA CON REUSO DE AGUA GRIS

PARTIDA	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	% incidencia
1 TOMA DOMICILIARIA Y ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE	lote	1.00	166,228.13	166,228.13	7.57%
2 DISTRIBUCIÓN DE CISTERNAS A TINACOS	lote	1.00	191,196.12	191,196.12	8.70%
3 RED HIDRAULICA por vivienda	vivienda	36.00	3,099.31	111,575.02	5.08%
4 RED SANITARIA por vivienda	vivienda	36.00	4,933.53	177,607.04	8.09%
5 MUEBLES SANITARIOS por vivienda	vivienda	36.00	26,472.55	953,011.80	43.38%
6 RED HIDRAULICA Tinaco - viviendas	Edificio	12.00	4,145.88	49,750.56	2.26%
7 RED SANITARIA Edificio - Colector Interno	Edificio	12.00	3,269.80	39,237.60	1.79%
8 RED SANITARIA Colector interno - Red municipal	lote	1.00	24,492.00	24,492.00	1.11%
9 RED SANITARIA Colector interno - planta de tratamiento aguas grises	lote	1.00	24,492.00	24,492.00	1.11%
10 INFRAESTRUCTURA PARA TRATAMIENTO DE AGUA GRIS	lote	1.00	459,093.10	459,093.10	20.90%
				<b>2,196,683.37</b>	<b>100.00%</b>

Anexo 3  
Costo de las instalaciones

**RESUMEN DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN HIDROSANITARIA CON LOS 2 ESCENARIOS**

INSTALACIÓN HIDRÁULICA SANITARIA	Para 36 viviendas	Por vivienda
A) TRADICIONAL	1,584,302.48	44,008.40
B) CON REUSO DE AGUA	2,196,683.37	61,018.98

DIFERENCIA	612,380.89	17,010.58
Porcentaje adicional	38.65%	

### Anexo 3 Costo de las instalaciones

#### PRESUPUESTO DRENAJE PLUVIAL CON INSTALACION TRADICIONAL

Para 36 viviendas

PARTIDA	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	%	
1	BAJADA DE AGUA PLUVIAL	lote	1.00	33,302.90	33,302.90	43.27%
2	DRENAJE PLUVIAL	lote	1.00	43,665.66	43,665.66	56.73%
				<b>76,968.56</b>	<b>100.00%</b>	

#### PRESUPUESTO DE OBRA CON APROVECHAMIENTO DE AGUA PLUVIAL

Para 6 viviendas

PARTIDA	Unidad	Cantidad	P.U.	Importe	% incidencia	
1	BAJADA DE AGUA PLUVIAL	lote	1.00	33,302.90	33,302.90	23.15%
2	RED COLECTORA Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PLUVIAL	lote	1.00	95,277.28	95,277.28	66.24%
3	RED DE CISTERNA A TINACO	lote	1.00	11,052.48	11,052.48	7.68%
4	RED HIDRAULICA Tinaco -viviendas	lote	1.00	4,145.88	4,145.88	2.88%
5	ALIMENTACION A LOS INODOROS POR VIVIENDA	lote	1.00	48.78	48.78	0.03%
				<b>143,827.32</b>	<b>100.00%</b>	

Diferencia 66,858.76  
\$ adicional por vivienda **1,857.19**

#### RESUMEN DE COSTOS DE LA INSTALACIÓN PLUVIAL CON LOS 2 ESCENARIOS

INSTALACION PLUVIAL	Para 36 viviendas	Por vivienda
A) TRADICIONAL	76,968.56	2,138.02
B) CON APROVECHAMIENTO DE AAGUA PLUVIAL	143,827.32	3,995.20
DIFERENCIA	66,858.76	1,857.19
Porcentaje adicional		86.87%

nota: la captación de agua es en 36 viviendas, aunque el aprovechamiento sólo sea para 6

## Bibliografía

### Libros de Consulta

- Comisión Nacional del Agua. (2010) *“Estadísticas del agua en México 2010”*.
- Comisión Nacional del Agua. (2011). *“Agenda del Agua 2030”*.
- Arnal Simón, Luis. (2011) *“Reglamento de construcciones para el Distrito Federal”*.
- Gobierno del Distrito Federal. (1997) *“Reglamento del servicio de agua y drenaje para el Distrito Federal”*.
- Blanca Jiménez, María Luisa Torregrosa, Luis Aboites A. (2010) *“El Agua en México: Causes y encauses”*.
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda. (2005). *“Uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales”*.
- Comisión Nacional de Vivienda. (2008). *“Criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables”*.
- Escobar, Isabel C., M.A. Abraham. (2010). *“Sustainability Science and Engineering, vol. 2”*
- Sam Kubba (2010). *“LEED, Practices, Certification, and Accreditation Handbook”*.
- Enriquez Harper, Gilberto. (2009) *“Cálculo de Instalaciones hidráulicas y sanitarias”*.
- Bazant, Jan. (2009) *“Hacia un desarrollo urbano sustentable”*.
- López Alegría, Pedro. (1990) *“Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas”*

### Tesis de maestría.

- Quezada Beltrán, Vicente. (2002) *“Estudio Físicoquímico de tratabilidad para depurar aguas jabonosas con el propósito de su reutilización”*. UNAM
- López Andrade, Xicoténcatl. (2003) *“Caracterización y pruebas de tratabilidad físicoquímica de aguas residuales jabonosas en unidades habitacionales”*. UNAM

### Artículos Publicados.

- C. Vialle, C. Sablayrolles, M. Lovera, MC. Huau, M. Montréjaud-Vignoles (febrero, 2011) *“Modelling of a roof runoff harvesting system: the use of rainwater for toilet flushing”*. Revista: Water Science and technology: Water supply.

---

Páginas de internet.

- Comisión Nacional del Agua. <http://conagua.gob.mx>
- Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. <http://www.sma.df.gob.mx>
- Secretaría de finanzas del Distrito Federal. <http://www.finanzas.df.gob.mx>
- Comisión Nacional de Vivienda. <http://www.conavi.gob.mx>
- Red del agua UNAM. <http://www.agua.unam.mx>