



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

“DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE UN
SISTEMA DOMÉSTICO DE REUTILIZACIÓN
DE AGUA”.

2886

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :
MARTÍN JAVIER RUIZ GORDILLO

DIRECTOR DE TESIS:
ING. VÍCTOR HUGO ÁLVAREZ JUÁREZ

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

200



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

VINICENAL NACIONAL
 AVILA 14
 MEXICO

ASUNTO: VOTO APROBATORIO
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS:

"Descripción y Distribución de un Sistema Doméstico de Reutilización de Agua".

que presenta el pasante: Martín Javier Ruiz Gordillo
 con número de cuenta: 3035989-9 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Méx. a 25 de Octubre de 2000

PRESIDENTE Ing. Emilio Juárez Martínez

VOCAL Ing. Guillermo Santos Olmos

SECRETARIO Ing. Victor Hugo Alvarez Juárez

PRIMER SUPLENTE Ing. Rolando Cortés Montes de Oca

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Carlos Belisario González Ioriz

Dedico este trabajo...

A Dios, por estar conmigo
cada momento del día.

A mis señores padres, porque
me brindaron siempre su
apoyo y comprensión.

A mis hermanas, por
motivarme siempre y en
especial a Ana Laura que me
apoyó en la consecución del
presente trabajo.

A mi señora abuela por su
cariño y cuidados.

A todos los profesores,
compañeros y amigos que
con sus experiencias y
consejos, dejaron algo suyo
en mí.

Capítulo 1. “El agua, recursos y necesidades”.

1.1	Panorama Mundial.	1
1.2	Situación en México.	7
1.3	Infraestructura Hidráulica.	22
	1.3.1 Antecedentes del Sistema Cutzamala.	26
	1.3.2 Descripción del Sistema Cutzamala.	29
	1.3.3 Desarrollo de la Obra.	31
1.4	Uso Eficiente del Agua.	37
1.5	Uso Eficiente en las Ciudades.	42
	1.5.1 Medición.	43
	1.5.1.1 Macromedición.	43
	1.5.1.2 Micromedición.	45
	1.5.2 Detección y Reparación de Fugas.	48
	1.5.2.1 Causas de las Fugas.	49
	1.5.2.2 Beneficios de la Detección y Reparación de Fugas.	50
	1.5.2.3 Métodos para la Detección de Fugas.	52
	1.5.3 Sistemas Tarifarios.	55
	1.5.4 Reglamentación.	57
	1.5.5 Recirculación.	62
	1.5.6 Reuso.	63

Capítulo 2. "Antecedentes del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua".

2.1	Excusados de Bajo Consumo.	66
2.1.1	Tipo de Alimentación Hidráulica.	68
2.1.2	Unión Taza-Tanque.	70
2.1.3	Espejo de Agua y Sello Hidráulico.	71
2.2	Dispositivos Ahorradores.	74
2.2.1	Supersifón.	75
2.2.2	Cubierta Ahorradora.	79
2.3	Sistema de Recuperación Pluvial.	81
2.4	Microplanta de Tratamiento de Aguas Residuales.	87
2.5	El proyecto SIRDO.	95

Capítulo 3. “La Vivienda en México”.

3.1	Distribución Territorial de la Población.	102
3.2	Edificaciones e Infraestructura.	103
3.3	Parque Habitacional.	106
3.4	El Premio “Templo del Sol”.	112
	3.4.1 Fraccionamiento “Ganaderos I”.	115
	3.4.2 Fraccionamiento “S. D. T. E. V. Coscomatepec”.	120
	3.4.3 Fraccionamiento “El Sauz”.	120

Capítulo 4. “Sistema Doméstico de Reutilización de Agua, Descripción y Distribución”.

4.1	Definición del SIDRA.	129
4.2	Tinacos.	136
4.3	Cisterna.	143
4.4	Equipo de Bombeo.	148
	4.4.1 Características Generales.	151
	4.4.2 Características Técnicas.	152
4.5	Interceptor de Grasa.	154
4.6	Costos del SIDRA.	156
4.7	Distribución del SIDRA.	159

Capítulo 5. "Conclusiones".

5.1 Beneficios Ecológicos.	163
5.2 Beneficios Económicos.	166
5.3 Puesta en Marcha del SIDRA en una Casa Nueva.	171
Bibliografía.	177



Capítulo 1:

“El Agua, Recursos y Necesidades”.

1.1 Panorama Mundial.

Para comprender la problemática actual que vive el mundo entero debida a la escasez del agua es necesario decir que este preciado recurso se encuentra dividido en dos tipos: aguas interiores conocida como agua dulce, que incluye el agua de los lagos, ríos, aguas subterráneas del medio marino y costero, estudiándose en cada una de ellas no sólo la cantidad sino la calidad del líquido.

Los estudios estadísticos sobre la calidad de las aguas interiores se centran en la contaminación causada por el hombre en los sistemas hídricos¹ a través de vertimientos de contaminantes de la industria, la agricultura y los asentamientos humanos, siendo los contaminantes más importantes las toxinas, los metales pesados, los plaguicidas, las materias orgánicas, las descargas de nutrientes, como los escurrimientos de fertilizantes, la sedimentación de precipitaciones ácidas y los agentes patógenos² como los coliformes³. Por su parte, las estadísticas

¹ El sistema hídrico es un conjunto de fenómenos y cosas pertenecientes o relacionadas con el agua y que son regidos por leyes naturales.

² Patógeno: Que produce enfermedad.

³ Grupo de bacterias que incluye no sólo a los organismos que se originan en el tubo intestinal de los seres de agua caliente (coli fecales, principalmente a la *Escherichia coli*), sino también a los organismos provenientes del suelo y de la vegetación (principalmente el *Aerobacter aerogenes*). El grupo incluye a todas las bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, no formadores de esporas, Gram-negativas, en forma de bastón, que fermentan a la lactosa (azúcar de leche) con producción de gas a 35° C en 48 horas.

sobre la calidad del agua del mar reflejan los factores que intervienen en su degradación tales como: accidentes marítimos (sobre todo de las embarcaciones que transportan sustancias tóxicas), vertimientos de todo tipo de desechos (peligrosos principalmente), escurrimientos de suelos, extracción de hidrocarburos y minerales, así como la deposición de compuestos orgánicos además de metales y compuestos de la atmósfera.

Como se mencionó anteriormente (página 1) los estudios que se hacen sobre el agua, incluyen además de los diversos contaminantes que le afectan, los distintos usos y extracciones, además de presentar panoramas de la situación en que el vital líquido se encontrará en años venideros.

En la actualidad a nivel mundial, alrededor de dos terceras partes de las extracciones de este elemento vital se utilizan para la agricultura y cerca de una cuarta parte para la industria; se cree que las extracciones para la agricultura aumentarán levemente y las correspondientes a la industria, es probable que se dupliquen; el desarrollo industrial y el crecimiento de la población incrementarán la descarga de agentes contaminadores al agua dulce.

* Estadísticas del Medio Ambiente, INEGI, Capítulo II "Medio Ambiente Natural", México 1994.

Por lo que se puede ver, el panorama no es nada alentador ya que la falta de agua es aguda en muchas regiones y crónica en determinadas partes del mundo tales como el medio oriente y el suroeste de los Estados Unidos.

Esta carencia de agua puede ser para varios países uno de los factores limitantes más severos para lograr un desarrollo sustentable y, en algunos casos, podría inclusive ocasionar conflictos entre naciones. En relación a lo anterior, los servicios de inteligencia de los Estados Unidos de América han hecho investigaciones desde 1980 que concluyen que existen diez regiones del mundo que pueden llegar a entrar en estado de guerra por causa de los recursos hidráulicos.

Las cuencas internacionales potencialmente más conflictivas son las del río Jordán (compartida por Israel y Jordania, principalmente), la del río Eufrates (cuyo origen está en Turquía, cruza Siria siendo la principal fuente de recursos hidráulicos de Iraq) y la cuenca del Nilo (del cual depende Egipto, pero que nace y atraviesa otros países de África del Norte).

* "Ley de Aguas Nacionales", Diario Oficial, 1/12/1992. Art. 3º, fracción IV.

En lo que concierne a los países desarrollados y de acuerdo a estimaciones del Instituto de Recursos Mundiales, más del 95 por ciento de las aguas negras urbanas se descargan sin ser tratadas en las aguas superficiales, las que contaminadas con bacterias y virus, constituyen una gran amenaza para la salud humana; esta contaminación produce además daños ecológicos importantes poniendo en peligro zonas como la del lago Aral en Asia Central, el lago Mono en California, o la región de los Everglades en Florida.

A pesar de la falta de conciencia de la mayor parte de los países desarrollados o "civilizados" como algunos pretenden llamarlos, ciertos gobiernos están recurriendo a la desalinización de aguas oceánicas y a la reutilización de aguas residuales como posibles alternativas para la solución a la escasez; sin embargo, el problema del agua no depende de la voluntad o recursos de unos cuantos, sino que es un problema de carácter mundial tanto a nivel individual como a nivel gubernamental, ya que aproximadamente el 50 por ciento de las cuencas pluviales del mundo son compartidas por dos o más países. La cooperación internacional en el manejo de dichas cuencas no ha sido fácil, solo en unos pocos casos ha producido algunos beneficios ambientales mensurables.

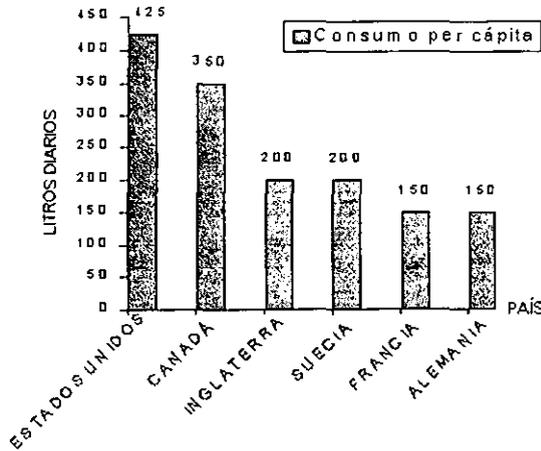
Otra situación que incrementa la problemática de la ausencia de agua, es la lluvia. Se sabe que la fuente principal de agua dulce es la precipitación, contribuyendo con alrededor de 500 mil kilómetros cúbicos por año, pero sólo cerca de 20 por ciento de esta cantidad cae sobre la tierra. Casi 65 por ciento de la lluvia que cae sobre el continente se evapora regresando a la atmósfera el resto permanece en la superficie, en ríos, lagos, tierras húmedas y embalses⁴, o se infiltra al suelo, donde se acumula en los mantos acuíferos⁵ subterráneos.

En lo referente a la utilización humana del agua, la tendencia es a la alza, ya que se ha acrecentado más de 35 veces en los tres últimos siglos. En décadas recientes, las extracciones de agua han aumentado alrededor de cuatro a ocho por ciento anual, habiendo sucedido la mayor parte de este incremento en el mundo en desarrollo. El uso del agua se está estabilizando en los países industrializados, en donde se espera que la tasa de aumento de las extracciones disminuya anualmente un 2 o 3 por ciento en la década de 1990.

⁴ Embalse: Balsa artificial, donde se acopian las aguas de un río o arroyo// SIN. Pantano, esp. si es de gran extensión y capacidad; rebalsa y rebalse, suelen aplicarse al embalse pequeño, y pueden ser naturales o artificiales.

⁵ "Ley de Aguas Nacionales", Diario Oficial, 1/12/1992. Art. 3º, fracción II.

La figura 1 indica que el uso doméstico del agua per cápita varía substancialmente entre las naciones desarrolladas del mundo. Entre los factores importantes que actúan sobre estas conductas se encuentran la disponibilidad del recurso, el uso de aparatos de uso intensivo de agua (como máquinas para lavar trastes), el grado de medición practicado y los precios cobrados por el servicio.



FUENTE: FACT SHEET NO.4, WATER WORKS, ENVIRONMENT CANADA, 1990

Fig. 1 Consumo por habitante en países desarrollados

Asimismo, el Instituto de Recursos Mundiales estima que, a nivel mundial, se extraen y usan anualmente 3 mil 240 kilómetros

cúbicos de agua dulce; 69 por ciento de este volumen se utiliza en la agricultura, 23 por ciento en la industria y 8 por ciento con fines domésticos.

Como se puede leer en las páginas anteriores, la situación del agua en el ámbito mundial está pasando por momentos difíciles que tienden a seguir empeorando a menos que se tome conciencia individual de la importancia de este vital líquido que los gobiernos destinen recursos tanto económicos tecnológicos y humanos para su adecuada extracción así como su utilización. A continuación se discutirá el estado en que se encuentran los recursos acuíferos en el país así como su consumo y otros aspectos importantes.

1.2 Situación en México.

En el país, el mayor aporte de agua se obtiene de los ríos, siguiéndole en importancia las presas, los mantos freáticos⁵, los lagos y lagunas, siendo el menor aporte el de recarga de las aguas de lluvia y acuíferos.

⁵ Manto freático: Conjunto de aguas acumulado en el subsuelo sobre una capa impermeable y que puede aprovecharse por medio de pozos.

Considerando la superficie continental de la nación, los cuerpos de agua ocupan el 1.42 por ciento; los de agua salobre tienen el 55.57 por ciento, las presas ocupan el 17.24 por ciento, los pantanos del sureste 15.56 por ciento, las zonas laguneras del Golfo el 4.08 por ciento y los lagos y lagunas el 7.52 por ciento.

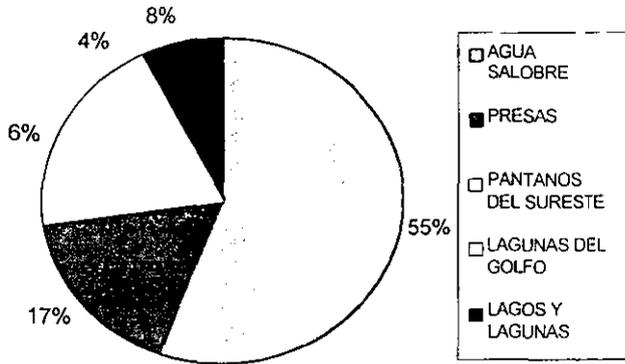


Fig. 2 Cuerpos de agua en México

En la Fig. 2 se puede apreciar claramente que las aguas salobres⁶ representan más del 50 por ciento del agua existente en el país; a continuación, en el cuadro 1 se verá la distribución del volumen de agua dulce en la nación.

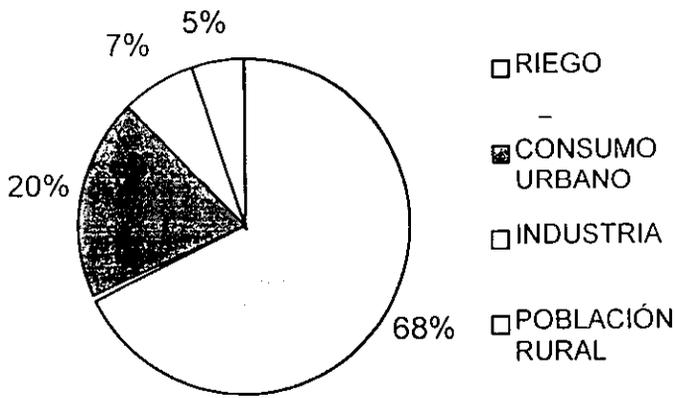
⁶ Salobre: Que contiene sal.

Distribución	Volumen de agua (millones de m ³)
Ríos	410,000
Presas	107,000
Aguas subterráneas	70,000
Recarga de agua subterránea	5,000
Lagos y lagunas	14,000
Lluvia	1,530
Total	607,530

FUENTE: SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA, Primer Seminario Internacional sobre Control de Contaminación del Agua, MÉXICO 1988.

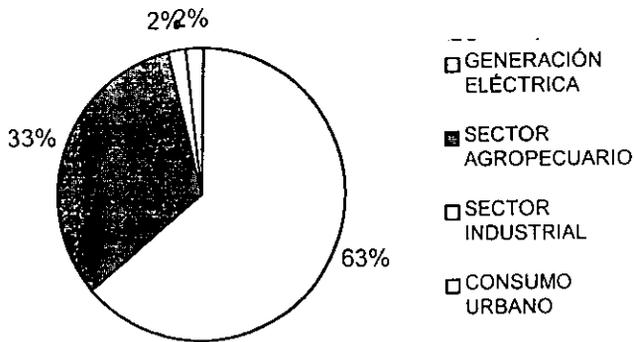
Cuadro 1. Distribución del volumen de agua dulce en México

En cuanto al aprovechamiento de las aguas subterráneas: el 67.9 por ciento es utilizado para el riego, el 20 por ciento para consumo urbano, 7.1 por ciento para las industrias y 5.0 por ciento para la población rural; de las aguas superficiales: el 63.5 por ciento es utilizado para la generación de energía eléctrica, 32.9 por ciento por el sector agropecuario, 1.8 por ciento se emplea en el sector industrial y 1.8 es para consumo urbano (Fig. 3 y 4).



FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA, 1993

Fig.3 Aprovechamiento de aguas subterráneas



FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA, 1993

Fig. 4 Aprovechamiento de aguas superficiales

La distribución del consumo por sectores en la ZMCM⁷ es de la siguiente forma: 57 por ciento del consumo del Distrito Federal es doméstico y el 80 por ciento en los municipios metropolitanos; para la industria se destinan 14 y 15 por ciento respectivamente y el resto es para servicios, comercio y otros, tanto para el Distrito Federal como para los municipios conurbados.

En términos generales, la precipitación ocurre durante cuatro o seis meses de temporada lluviosa y una parte importante se concentra en áreas poco pobladas ya que el 82 por ciento del volumen de almacenamiento está por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, mientras que el 76 por ciento de la población habita en zonas por arriba de ése parámetro.

Profundizando en el tema de la lluvia se observa que el nivel medio anual de precipitación en el país es de 777 mm, equivalentes a 1 billón 570 mil millones de metros cúbicos, de los cuales 1 billón 120 mil millones se evaporan regresando a la atmósfera, 410 mil millones se escurren superficialmente y únicamente 40 mil millones se infiltran en el subsuelo para recargar los acuíferos.

⁷ ZMCM: Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Las zonas con mayor lluvia son: Xochimilco, Chalco y la Ciudad de México y en volumen, Pachuca, Chalco y Cuautitlán.

En esta cuenca, de los 6 mil 720 metros cúbicos de lluvias, se precipita entre el 80 y 90 por ciento sólo durante la temporada de lluvias.

En base a las distribuciones zonales de la lluvia y la temperatura, se sabe que un 52.7 por ciento de el país tiene déficit hídrico caracterizado por climas desértico, árido ó semiárido, mientras que el 47.3 por ciento restante tiene un clima subhúmedo y húmedo. Aunado a lo anterior ocurre que menos de la tercera parte del escurrimiento superficial se lleva a cabo en 75 por ciento del territorio, extensión en la que se concentran los mayores núcleos de población, las industrias y las tierras de riego, lo que provoca insuficiencias en las aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento, a su vez conduce a la sobreexplotación de acuíferos y obliga a hacer transferencias entre cuencas.

Paradójicamente, el 25 por ciento restante del territorio, la abundancia de agua también representa un severo problema en el

que se vislumbra como solución la implantación del drenaje de tierras así como el control de inundaciones ya que ambos son elementos vitales para estimular el desarrollo económico de las comunidades asentadas en esas regiones. En ellas la principal actividad industrial se relaciona con el petróleo, lo cual ha traído como consecuencia problemas críticos de contaminación, además de desplazar a un segundo plano el potencial hidroeléctrico de dichas zonas.

Actualmente, la ZMCM con más de 18 millones de habitantes, consume por día de 57 a 63 metros cúbicos por segundo de agua existiendo un déficit que es mayor en el estado de México que en el Distrito Federal. El panorama que presenta el agua no es del todo desalentador y esta constituido en parte por dos cantidades principales; la extracción y la recarga⁸.

La extracción total del agua del país, es actualmente de unos 174 mil millones de metros cúbicos al año, equivalentes al 43 por ciento del agua renovable, en tanto que el consumo total

⁸ Recarga: Capacidad natural de los acuíferos para aumentar sus niveles a través del agua de lluvia.

representa el 15 por ciento del agua renovable. Respecto al agua subterránea, se ha estimado en 17 mil 409 millones de metros cúbicos el promedio de la recarga anual y en 16 mil 395 millones el de extracción, así como en 110 mil 350 millones el volumen total de almacenamiento, sobresaliendo la región noroeste del país por su alto almacenamiento (25.5 por ciento del total).

Aunado a la recarga natural de los acuíferos, la recarga inducida por las actividades humanas procedentes de la infiltración de excedentes de riego y de las pérdidas por conducción de aprovechamientos diversos, representa alrededor de 15 mil millones de metros cúbicos al año adicionales. De ahí que el balance nacional de acuíferos sea relativamente favorable, ya que el volumen extraído es igual al 70 por ciento de la recarga natural.

Pero este balance global es sólo aparente y no refleja la crítica situación que prevalece en vastas regiones del territorio nacional, porque la mayor parte de la explotación tiene lugar en las porciones áridas donde la recarga es pobre y el balance hidráulico negativo, dando como resultado la perturbación del almacenamiento subterráneo. De manera irónica en exceso, en

las regiones más lluviosas y menos desarrolladas, una fracción considerable del volumen renovable permanece desaprovechada.

Hasta ahora, se ha hablado de manera casi exclusiva de aspectos referentes al agua como son la precipitación, la extracción, usos, etc., los cuales tratan de generar una visión general sobre el problema de la falta de agua, sin embargo, a pesar de que se ha visto el balance global aparentemente es favorable, no se debe olvidar la contaminación del líquido, ya que no sirve tener el recurso en abundancia si éste está en forma tal que no puede ser plenamente utilizado.

El índice de calidad de agua se utiliza con el fin de agrupar simplícidamente algunos parámetros capaces de indicar un deterioro en la calidad del agua. Esto permite evaluar y hacer notar la calidad de los cuerpos de agua. Los valores del Índice de Calidad de Agua (ICA) empleados para determinar el estado del agua que usan los mexicanos, van del 100 al 0 unidades.

Toda la información sobre la calidad del agua proviene directamente de la Red de Monitoreo de la Comisión Nacional del

Agua (CNA). Este organismo estableció que el 6.7 por ciento de las aguas de los mantos subterráneos, cuencas hidrológicas, mantos acuíferos, puertos industriales y centros turísticos están “excesiva o fuertemente contaminadas”, es decir, caen en el rango de 0 a 40 puntos dentro del rango utilizado para mediar la calidad de la misma.

Rango	Calificación	Clave	Descripción
90 – 100	Excelente	E	No requiere purificación para consumo humano.
80 – 90	Aceptable	A	Requiere purificación menor previa al consumo humano.
70 – 80	Levemente contaminada	LC	Sin purificación su consumo es riesgoso.
50 – 70	Contaminada	C	Requiere necesariamente de purificación.
40 – 50	Fuertemente contaminada	FC	Riesgoso consumirla.
0 – 40	Excesivamente contaminada	EC	Inaceptable para consumo humano.

FUENTE: SEDESOL/INE, México: Informe General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1991 – 1992, MEXICO, 1993

Cuadro 2. Rangos de estado de calidad del agua potable.

La media de las calidades del agua se elevó 0.93 puntos del ICA (de 44.16, en el período de 1989–1990 a 45.09 en 1991), con lo que se mantuvo en la categoría de “Fuertemente Contaminada”.

Las áreas con mayor cantidad de mantos freáticos contaminados son la Comarca Lagunera, el Valle de México y la Península de Yucatán; las que presentan intrusión⁹ salina son los acuíferos de los valles de Santo Domingo y de Guaymas, las costas de Hermosillo, Vizcaíno y La Paz. En cuanto a degradación del recurso por infiltración de aguas superficiales contaminadas se cuentan los acuíferos del Valle de México, de Tula y de Mérida.

Entre las corrientes más contaminadas del país se encuentran las cuencas de los ríos Lerma, Chapala, Santiago, San Juan, Balsas, Blanco, Pánuco, Nazas y Bravo, por lo que se ha considerado de primer orden darles atención y saneamiento (Fig. 5).

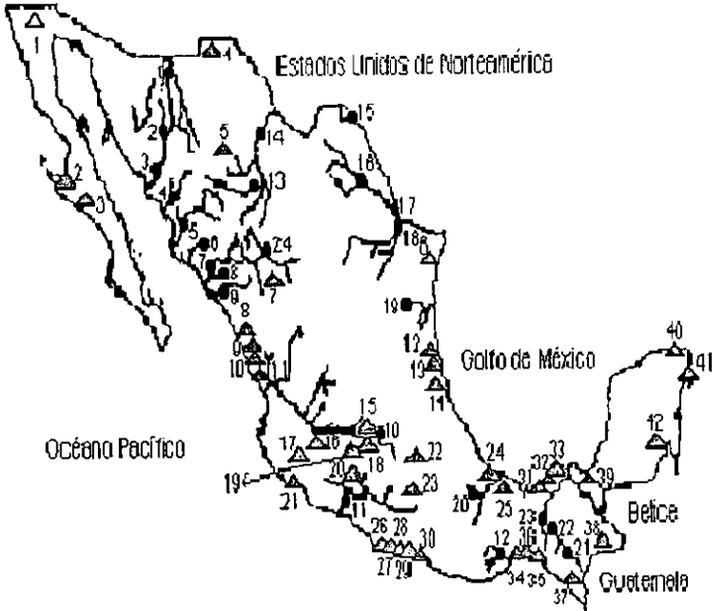
En la Fig. 6 se muestran algunos ríos, lagos y lagunas que se hallan dentro de los límites de las cuencas más contaminadas, así como las más importantes presas que forman parte de la infraestructura hidráulica que posee México.

⁹ Intrusión: Acción de introducirse sin derecho.



FUENTE: SEDUE, DIRECCION GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, 1988. TOMADO DE SEDUE, COMISION NACIONAL DE ECOLOGIA, Informe General de Ecología, MEXICO 1988

Fig. 5 Cuencas hidrológicas más contaminadas



FUENTE: INEGI, Datos Básicos de la Geografía de México, 2ª ed., MEXICO 1991

Fig. 6 Principales presas, lagos y lagunas

Lagos y Lagunas ▲

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 1. Laguna Salada | 22. Lago de Texcoco |
| 2. Laguna Ojo de Liebre | 23. Lago de Tequesquitengo |
| 3. Laguna San Ignacio | 24. Laguna de Alvarado |
| 4. Laguna Guzmán | 25. Lago de Catemaco |
| 5. Laguna Bustillos | 26. Lago de Mitla |
| 6. Laguna Madre | 27. Laguna de Coyuca |
| 7. Laguna Santiaguillo | 28. Laguna Tres Palos |
| 8. Huizache | 29. Laguna Tecomate |
| 9. Laguna Agua Grande | 30. Laguna Chautengo |
| 10. Laguna Agua Brava | 31. Laguna del Carmen |
| 11. Laguna Grande de Mexcaltitlán | 32. Laguna Machona |
| 12. Laguna Chavel | 33. Laguna de Mecocacán |
| 13. Laguna Pueblo Viejo | 34. Laguna superior |
| 14. Laguna Tamiahua | 35. Laguna Inferior |
| 15. Lago de Yuriria | 36. Laguna Mar Muerto |
| 16. Lago de Chapala | 37. Laguna La Joya |
| 17. Lago de Sayula | 38. Lago de Miramar |
| 18. Lago de Cuitzeo | 39. Laguna de Términos |
| 19. Lago de Pátzcuaro | 40. Laguna Conil |
| 20. Lago de Zirahuén | 41. Laguna Nichpté |
| 21. Lago de Cuyutlán | 42. Laguna Bacalar |

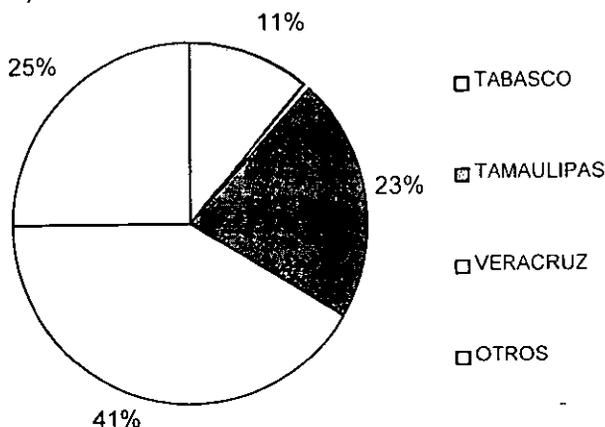
Presas ●

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. La Angostura | 13. La Boquilla |
| 2. Pdte. Plutarco E. Calles | 14. Luis L. León |
| 3. Álvaro Obregón | 15. Internacional La Amistad |
| 4. Adolfo Ruiz Cortinez | 16. Venustiano Carranza |
| 5. Miguel Hidalgo | 17. Internacional Falcón |
| 6. Bacurato | 18. Marte R. Gómez |
| 7. Pdte. A. López Mateos | 19. Vicente Guerrero |
| 8. Sanalona | 20. Pdte. Alemán |
| 9. Comadero | 21. La Angostura |
| 10. Solís | 22. Chicoasén |
| 11. Infiernillo | 23. Nezcahualcóyotl |
| 12. Pdte. Benito Juárez | 24. Lázaro Cárdenas |

FUENTE: INEGI, Datos Básicos de la Geografía de México, 2ª ed., MEXICO 1991

Fig. 6 Principales presas, lagos y lagunas (continuación)

Los estados que tienen mayor infestación¹⁰ en sus cuerpos de agua son Veracruz (41.1 por ciento), Tamaulipas (22.54 por ciento) y Tabasco (10.88 por ciento); el resto de las entidades están menos envenenadas y están agrupadas dentro del 25 por ciento (Fig. 7).



FUENTE: SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, Primer Seminario Internacional sobre Control de Contaminación del Agua, MEXICO, 1988

Fig. 7 Estados con mayor infestación en sus cuerpos de agua

En los estudios realizados a últimas fechas por la Comisión Nacional del Agua, en cuanto a los contaminantes principales ha quedado al descubierto que más del 50 por ciento de la contaminación causada por elementos tales como el nitrógeno, el

¹⁰ Infestar: Causar estragos con hostilidades o correrías. // Invadir [un lugar] los animales o plantas perjudiciales.

fósforo, etc., además del sedimento¹¹, proviene, no de la tubería de descarga de aguas de alcantarilla, sino de la escorrentía¹² de las ciudades y fincas, además de las operaciones de la tala y la minería. Así pues, el panorama que exhibe el problema del agua integrado tanto por la escasez como por la contaminación de la misma, es sin duda deshalagador invitando a reflexionar sobre las acciones que se toman como individuos y como mexicanos en el corto (inmediato), mediano y largo plazo para poner fin a la situación tan desfavorable, que afecta en la actualidad y que también afectará a las futuras generaciones.

1.3 Infraestructura Hidráulica.

La infraestructura hidráulica de que se dispone, permite cubrir gran parte de las demandas de agua existente en las ciudades, en la producción alimenticia, la industria y el control de avenidas. El total del volumen medio anual escurrido se estima en 400 mil millones de metros cúbicos, se controlan en las presas

¹¹ Sedimento: Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se posa en el fondo. // Depósito natural de origen lacustre o continental, que se halla en el fondo del mar.

¹² Escorrentía: Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. // Circulación libre del agua de lluvia sobre la superficie de un terreno. // Aliviadero, desagüe.

unos 100 mil millones de metros cúbicos y se aprovechan en total alrededor de 146 mil millones.

Las obras construidas para almacenar y conducir el agua hechas durante los últimos 65 años, proporcionan una capacidad de almacenamiento de 150 mil millones de metros cúbicos, cantidad equiparable al 37 por ciento del escurrimiento medio anual que se utiliza para regular las variaciones estacionales y anuales.

En el país, operan 77 distritos de riego¹³ que abarcan 60 por ciento de la tierra total irrigada, mientras que el 40 por ciento restante (más de 2.5 millones de hectáreas) se distribuye entre más de 27 mil pequeñas unidades de riego.

Las condiciones en que operan los distritos de riego son malas y se necesitan reparaciones en diversos grados en la totalidad de ellos; además, 400 mil hectáreas de unidades de pequeña irrigación son subutilizadas por causas diversas.

¹³ Distrito de riego: Subdivisión administrativa o jurídica que tiene una zona o pueblo respecto al riego.

Se estima que sólo 35 por ciento de la tierra con infraestructura disponible se riega durante el ciclo primavera-verano y 60 por ciento en el ciclo otoño invierno lo cual representa un 50 por ciento global. En cuanto a la eficiencia total de riego (el agua que realmente llega a la parcela) la cifra es de 40 por ciento en la actualidad.

De los 20 millones de hectáreas cultivadas en el territorio nacional, los seis millones que se encuentran bajo riego contribuyen con la mitad de la producción agrícola nacional, lo que significa entre otras cosas, que la productividad de la tierra con riego es 2.5 veces mayor a la de temporal.

En el caso de las ciudades, las bajas tarifas producen ingresos insuficientes para mantener la infraestructura y estimulan el uso ineficiente del agua. Aunque se carece de información confiable, se calcula que las pérdidas en los conductos y redes de distribución, así como en las tomas domiciliarias, ascienden al 40 por ciento.

Hablando de tomas domiciliarias, los esfuerzos realizados

por el gobierno han logrado que el 97 por ciento de la población del Distrito Federal y el 85 por ciento de los municipios metropolitanos cuenten con tomas domiciliarias; en el oriente se tienen deficiencias en el suministro debidas a la falta de redes troncales de distribución; aún así, la infraestructura hecha logra que los habitantes del D.F. consuman 303 litros diarios por persona^{*}, mientras que los logros en el Estado de México alcanzan la cifra de 198 litros diarios de agua por individuo*.

Los esfuerzos del país para solucionar el problema son grandes, pero no suficientes y para tratar de frenar la creciente falta de agua, en México se han venido adoptando instrumentos legales e institucionales, así como parámetros, mediante los cuales pueda regularse la utilización del agua, así como los procedimientos de recarga, las áreas más sensibles, algunos aspectos socio-organizativos y administrativos, las particularidades de cada cuerpo de agua, así como una serie de medidas de protección de los recursos hidricos, entre otros. Todos estos aspectos están comprendidos tanto en la "Ley de Aguas Nacionales" como en el "Reglamento de Aguas Nacionales".

* Estadísticas del Medio Ambiente. INEGI, Capítulo II "Medio Ambiente Natural", México 1994.

Aunado a los intentos legales realizados por el gobierno para frenar el uso indiscriminado del agua, en México se ha realizado una obra hidráulica de tal magnitud e importancia que merece revisarse por separado; el "Sistema Cutzamala".

1.3.1 Antecedentes del Sistema Cutzamala.

La tarea hidráulica de abastecer de agua potable a la Ciudad de México, debe atender por una parte, la demanda anual que provoca el incremento poblacional estimado en miles de habitantes, y por otra reducir la sobreexplotación de las fuentes de abastecimiento subterráneas en el valle de México.

En la ZMCM existe una explotación excesiva que rebasa la recarga anual, trayendo como consecuencia hundimientos, agrietamientos del suelo, afectaciones en las estructuras, deterioro de la calidad del agua, así como cierto trastorno ecológico, lo que hace necesario ejecutar proyectos que permitan la importación de agua de cuencas externas que coadyuven a disminuir la antes mencionada sobreexplotación, mediante la cancelación de pozos.

Hasta 1988 el suministro de agua potable fue de aproximadamente 64 metros cúbicos por segundo, provenientes de las siguientes cuencas:

Subsuelo del valle de México = 44 m³/seg

Sistema Cutzamala = 12 m³/seg

Sistema Lerma = 7 m³/seg

Aprovechamientos superficiales = 1 m³/seg

independientemente de los caudales de reutilización de agua que eran del orden de 3 metros cúbicos por segundo empleados para cubrir ciertas necesidades de servicio público, tales como riego de parques y jardines, fuentes y algunos usos industriales.

De este abastecimiento, a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a través de la Comisión Nacional del Agua, le correspondía proporcionar un caudal de 28 metros cúbicos por segundo, cosa que hacía por medio de 15 acueductos con más de 300 pozos en operación, la presa Madín y el Sistema Cutzamala, se tiene programado para el año 2000 incrementar anualmente el flujo de agua en 2 metros cúbicos por segundo para cubrir el incremento poblacional más un metro cúbico por segundo adicional para la

cancelación de pozos con el fin de reducir la extracción desmedida.

Desde entonces, se rehabilitan o sustituyen anualmente pozos que suministran en promedio 15 por ciento del volumen captado.

A principios de la década de los 70's, en el valle de México se incrementó la extracción de aguas subterráneas por medio de pozos y norias¹⁴, motivada por la creación de gran cantidad de industrias y fraccionamientos que rápidamente se desarrollaron originando nuevas necesidades de agua potable, tanto en el Distrito Federal como en los 11 municipios del Estado de México, para ese tiempo ya se encontraban conurbados a la capital. Tal crecimiento, hizo necesario el planteamiento del abastecimiento de agua mediante cuencas externas diferentes a las del Lerma, la que para entonces ya mostraba signos de agotamiento.

Las regiones más idóneas para este abastecimiento resultaron ser las cuencas de: Cutzamala y Temascaltepec al Oeste, Tecolutla y Oriental Libres al Este, Amacuzac al Sur y Tula

¹⁴ Noria: Máquina para elevar agua, compuesta gralmente de una gran rueda horizontal movida con una palanca de que tira una caballería. Engrana con otra vertical a la que va colgada una cuerda o cadena sin fin, con varios cangilones. // Pozo donde se coloca este aparato.

(Taxhimay) al Norte, con caudales de 19, 5, 14.5, 7, 14.2 y 2.8 metros cúbicos por segundo respectivamente; se estimó que con esta obra se cubrirían las necesidades de agua potable hasta el año 2000.

De las cantidades anteriores se puede ver que el mayor aporte lo da la cuenca del Cutzamala, de ahí la importancia de asegurar su funcionamiento y proporcionar el vital líquido a nuestra Ciudad.

1.3.2 Descripción del Sistema Cutzamala.

El sistema consiste en el aprovechamiento de siete presas de almacenamiento y derivación, correspondientes a la cuenca del río Cutzamala, la construcción de un vaso de regulación horaria y un acueducto de 127 kilómetros, que incluye 19 kilómetros de túneles y 7.75 de canales, así como la construcción de una planta potabilizadora con capacidad de 24 metros cúbicos por segundo, además de seis Plantas o estaciones de bombeo utilizadas para vencer una pendiente de hasta 1100 metros; la energía requerida para el bombeo, es de

hasta 1650 millones de KWh¹⁵ por año, y 24 kilómetros de túneles dentro de la ZMCM correspondientes a los ramales Norte y Sur de 12.5 y 11.5 kilómetros respectivamente que sirven para la distribución de agua hacia los municipios conurbados del Estado de México y el Distrito Federal.

La ejecución de la obra se inició en 1976, programándose tres etapas constructivas que aportarán flujos de cuatro, seis y nueve metros cúbicos por segundo respectivamente. Las aguas del sistema son las mismas que antes se utilizaban para generar energía eléctrica; únicamente se realizó un cambio en su uso, dejando reservas de tres metros cúbicos por segundo y otro tanto para atender las demandas locales, tanto actuales como futuras para asegurar el buen desarrollo agrícola e industrial de la región. En el proyecto se atendió el cuidado de las zonas de captación y la preservación de la pureza del agua, efectuando obras que no sólo eviten dañar el equilibrio ecológico, sino que tiendan a mejorarlo.

¹⁵ KWh significa Kilo Watt por hora.

En la Fig. 8 (página 32) se muestra el croquis del Sistema de Bombeo Cutzamala.

Las seis Plantas de bombeo del sistema permiten suministrar 19,000 litros de agua cada segundo, lo que de alguna manera es equivalente a elevar el contenido de 19 tinacos de agua de 1,000 litros cada uno a una altura de 1,100 metros; esta tarea es similar a siete y media veces la altura de la Torre Latinoamericana y recorrer 127 Kilómetros equivalentes al trayecto de ida y vuelta de la carretera México- Cuernavaca.

1.3.3 Desarrollo de la Obra.

Esta imponente obra de la ingeniería mexicana se dividió en tres etapas diferenciadas tanto en su fecha de operación como en sus capacidades de conducción y bombeo.

La primera etapa en operación desde 1982, aporta cuatro metros cúbicos por segundo procedentes de la presa Villa Victoria; dicho caudal es conducido a través del canal Martínez de Meza de 12 kilómetros de longitud hasta la planta potabilizadora de Berros y de ahí se realiza su bombeo a la Planta Número

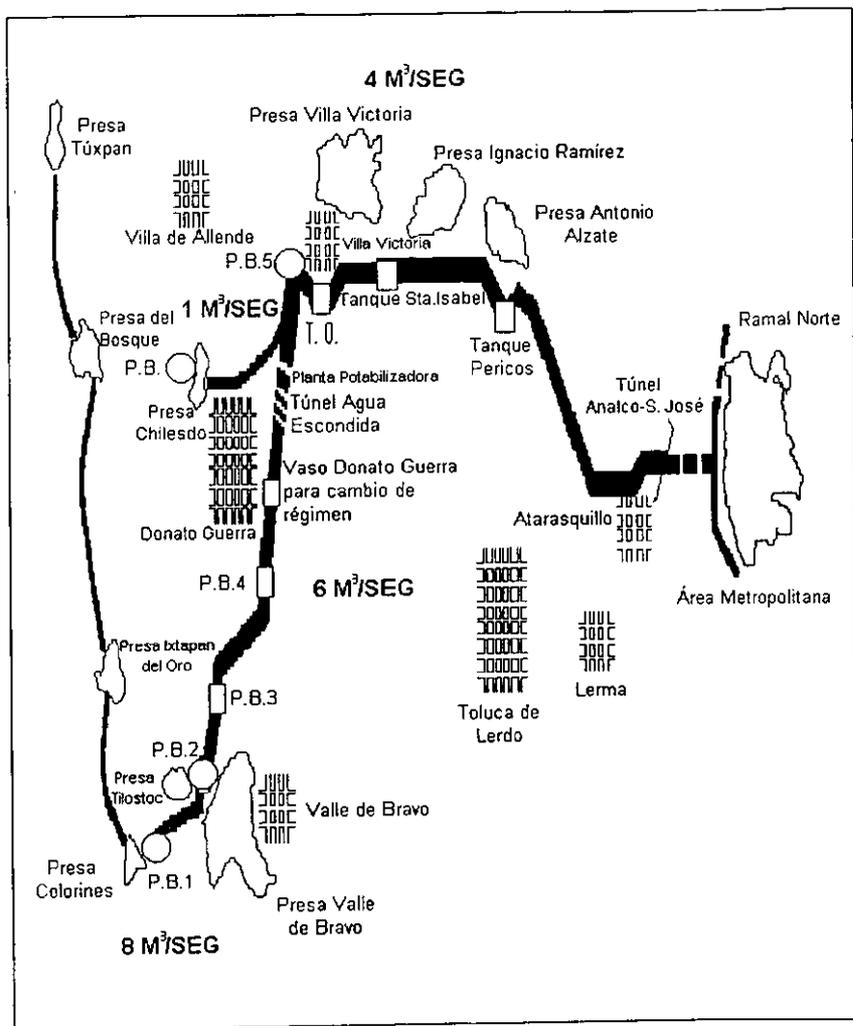


Fig. 8 Croquis del Sistema Cutzamala

Cinco, venciendo una carga total de 174 metros para conducir el agua a través de un acueducto de tubería de concreto preesforzado de 2.50 metros de diámetro y 12 metros cúbicos por segundo de capacidad. Este trayecto es de 77 kilómetros y atraviesa la Sierra de las Cruces en la parte noroeste del área metropolitana y cuenta también con el túnel Atarrasquillo – Dos Ríos que además conduce las aguas del alto Lerma iniciándose así en Dos Ríos la distribución del agua potable.

La segunda etapa se puso en funcionamiento en el mes de julio de 1985; consiste de la infraestructura necesaria para la captación y conducción de un flujo de agua de seis metros cúbicos por segundo; la extensión de esta etapa abarca desde la presa de Valle de Bravo hasta la planta potabilizadora de Berros equivale a una distancia de 18.3 kilómetros. Las tuberías usadas son de acero de alta y baja presión cuyos diámetros fluctúan entre los 1.83 y los 3.27 metros, además de tubería de concreto preesforzado de 2.50 metros de diámetro con capacidad de 12 metros cúbicos por segundo. Dentro de esta parte de la obra se encuentran las Plantas de Bombeo Dos, Tres y Cuatro, las cuales son utilizadas para vencer cargas de 122, 350 y 350 metros respectivamente.

En las Plantas de Bombeo Dos, Tres y Cuatro, se han instalado los primeros tres equipos de 4 metros cúbicos por segundo, de un total de seis que tendrá cada una de las Plantas.

Como parte integrante y fundamental de la segunda etapa, también se construyó el vaso Donato Guerra con una capacidad de almacenamiento de 300,000 metros cúbicos y que actuará como regulador, enviando por gravedad a la planta potabilizadora hasta 19 metros cúbicos por segundo para con ello asegurar en ésta un suministro continuo durante las 24 horas del día, ya que el proyecto contempla el uso combinado de las presas Valle de Bravo y Colorines para permitir la generación de energía eléctrica en las horas de mayor demanda.

A partir del vaso regulador, se llevan los caudales mediante un canal abierto de sección trapezoidal con una longitud de 7.5 kilómetros y capacidad para transportar 24 metros cúbicos por segundo hasta el portal de entrada del túnel Agua Escondida; el portal es de sección de herradura con 4.2 metros de longitud y el túnel recorre 3.1 kilómetros. Del portal de salida, el agua se conduce por tubería de concreto hasta el tanque receptor de aguas crudas ubicado en la planta potabilizadora.

La tercera etapa permitirá captar nueve metros cúbicos por segundo, de los cuales ocho son proporcionados por el vaso regulador de Colorines que contiene aguas de las presas Tuxpan y el Bosque, en el estado de Michoacán y de Ixtapan del Oro en el estado de México; para conducir el agua hasta el vaso regulador, fue necesaria la construcción de la Planta de Bombeo Número Uno "Colorines" que tiene una capacidad de 20 metros cúbicos por segundo y vence una altura de 157 metros.

El metro cúbico por segundo restante, será proporcionado por la presa derivadora Chilesdo la cual además, puede enviar a la planta potabilizadora hasta cinco metros cúbicos por segundo durante la época de crecidas, empleando para ello la Planta de Bombeo Número Seis que consta de tres equipos para un gasto de 1.7 metros cúbicos por segundo cada uno, diseñados para una carga total de 213 metros que pueden desarrollar una potencia de 16,890 HP. Los equipos cuentan con sus respectivas torres de oscilación, sumergencia y tubería de 11.5 kilómetros hasta la planta potabilizadora.

Durante esta etapa hubo necesidad de construir la línea de conducción que corre de Colorines a Valle de Bravo que abarca

cuatro kilómetros aproximadamente; una segunda tubería de 2.50 metros de diámetro con capacidad de 12 metros cúbicos por segundo entre Valle de Bravo y el túnel Analco – San José con 90 kilómetros de longitud y se hizo imperiosa la puesta en marcha de los últimos tres equipos de bombeo de las Plantas Dos, Tres y Cuatro, así como la terminación de otros módulos de potabilización requeridos para el tratamiento del agua.

En materia de infraestructura hidráulica, en México existen los recursos necesarios para proporcionar a la mayor parte de la población ése vital líquido que es el agua, sin embargo, no es suficiente el dotar de abundante agua al país, sino es necesario además que el agua tenga las características físicas y químicas deseadas, es decir que los mexicanos tengan agua de calidad. Para lograr tal cosa es preciso que los habitantes tomen conciencia de los esfuerzos que se hacen para que tengan agua y por otro lado se requiere que las autoridades sean rigoristas al aplicar sanciones en contra de individuos y organizaciones que usen indiscriminadamente el recurso, además de proteger de manera más eficiente las fuentes o cuerpos de agua.

1.4 Uso Eficiente del Agua.

Hoy en día, el gobierno del país responde a su compromiso, y junto con los gobiernos de países americanos principalmente, buscan alternativas para solucionar el problema de la escasez del agua; tales esfuerzos se reflejan en el Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua y en la iniciativa de llevar a cabo un "uso eficiente del agua".

El concepto de uso eficiente del agua es nuevo para la mayor parte de las personas es por eso su importancia en las páginas siguientes en donde se darán a conocer diversas definiciones que de él, además de sus alcances y aplicación.

Joao Bau^{*} afirma que "acciones como captar agua de lluvia en recipientes para usos domésticos o construir una presa; recargar un acuífero o usar agua de menor calidad para preservar

^{*} "Uso Eficiente del Agua", Héctor Garduño y Felipe Arreguín Cortés. UNESCO, 1994, página 17.

agua de buena calidad; reducir la demanda de agua mediante el mejoramiento de los hábitos personales, la reducción de los desperdicios, el pago de tarifas adecuadas; aprovechar el desarrollo de la tecnología, las técnicas de administración del agua; coordinar el manejo de los recursos hidráulicos con el de la tierra, los aspectos económicos, sociales o promover normas y regulaciones, es uso eficiente del agua ”.

Por su parte Walker, Richardson y Sevebeck* dicen que “ uso eficiente del agua significa aprovechar mejor el agua y asegurar mayor eficiencia en su uso”. Otra definición es la de Arreguín*, sostiene que “ uso eficiente es optimizar el uso del agua y de su infraestructura, con la participación activa de los usuarios, con un alto sentido de equidad social ”.

Una definición más amplia es la hecha por S. Gloss*, la cual indica que “ la eficiencia debe considerarse desde varias perspectivas, es decir que existe una eficiencia absoluta que relaciona un uso determinado con la menor cantidad posible de agua para satisfacerlo; una eficiencia económica que pretende aprovechar al agua con los máximos beneficios económicos; una eficiencia social que intenta extender sus beneficios a la mayor

parte de sus demandas en la comunidad; una eficiencia ecológica que debe ante todo garantizar la conservación de los recursos naturales, una eficiencia institucional que califica el funcionamiento de una institución en relación a sus tareas relacionadas con el agua". Estas definiciones no son excluyentes, pueden operar simultáneamente dependiendo de las condiciones particulares de cada sistema usuario.

Bau⁷ agrega que "en el uso eficiente del agua debe haber medidas estructurales, como la sustitución de tuberías, la reparación de fugas, la reducción de pérdidas en las plantas potabilizadoras o el manejo de las presiones en los sistemas de agua potable; y medidas no estructurales, como la instalación de dispositivos sanitarios de bajo consumo, los jardines de riego o la educación de los usuarios".

Un concepto que por su simplicidad, antigüedad y atino sobresale es el de Baumann* (1979), que dice: "uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad".

* "Uso Eficiente del Agua", Héctor Garduño y Felipe Arreguín Cortés, UNESCO, 1994, página 18.

Para concluir con las definiciones, se piensa que "uso eficiente del agua" incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua.

Se subrayó con anterioridad que el concepto de uso eficiente del agua es novedoso y por ende difícil de llevar a cabo en la actualidad, pero se debe introducir el término a las nuevas generaciones para que los niños del presente sean los hombres que disfruten de todas las bondades del agua en un futuro próximo; la única forma de hacerlo es mediante la educación pública y el ejemplo de los adultos.

La educación pública es clave para lograr la aceptación de la eficiencia en el uso del agua. En particular, la educación pública es la solución para cambiar las actitudes básicas hacia el uso. El término se refiere a un amplio rango de actividades tales como la incorporación de ciertas consideraciones relativas a los recursos hidráulicos en la enseñanza formal y la preparación de folletos informativos para su amplia diseminación pública. En épocas de escasez de agua, muchas comunidades utilizan técnicas de

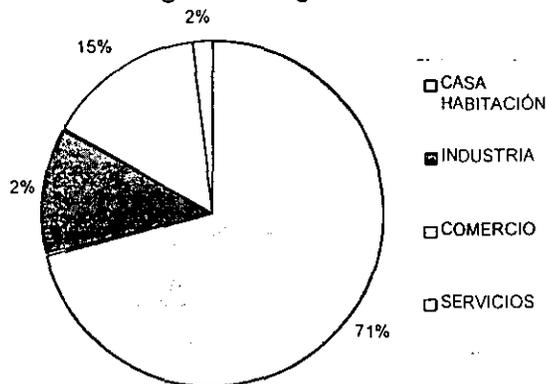
información/educación pública para evitarla o por lo menos aliviarla. Frecuentemente, el hecho de señalar beneficios económicos que se pueden obtener con la conservación del agua puede iniciar una acción hacia la eficiencia en el uso. También parece que los intentos por modificar las tarifas o por instalar medidores pueden tener mayor éxito si son acompañados por fuertes campañas de información hacia el público usuario.

Las campañas informativas dirigidas al público en general son el medio más popular para favorecer una actitud que resulta en la conservación del agua durante una sequía. Los objetivos primarios de estas campañas son: 1) convencer al consumidor que debe conservar el agua, y 2) proveerle la información sobre cómo lograrlo. Los cambios en la conducta asociada con un alto consumo de agua y los estímulos para el uso de aparatos ahorradores del recurso, a menudo son eficientes para reducir su consumo. Aunque las innovaciones tecnológicas generalmente son bien aceptadas por los consumidores, los ahorros generados por sus uso son pequeños, cuando se comparan con los logrados por cambios en el comportamiento de los usuarios, sobre todo en condiciones de emergencia. Las restricciones sobre ciertos usos y

los programas de dotaciones de agua, resultan basados en reportes, una reducción del 65% en el consumo de agua.

1.5 Uso Eficiente en las Ciudades.

En una ciudad, en promedio se consume el 71% de la producción total de agua potable en las casas habitación, el 12% en la industria, el 15% en el comercio y el 2% en el sector servicios. Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y por último educación. Enseguida se grafican los datos del consumo.



FUENTE: USO EFICIENTE DEL AGUA, HÉCTOR GARDUÑO Y FELIPE ARREGUÍN CORTÉS, UNESCO, 1994, PÁGINA 63.

Fig. 9 Usos del agua en las ciudades.

1.5.1 Medición.

La medición en las ciudades es necesaria en dos niveles macro y micro. La primera se refiere a la cuantificación de los caudales captados, conducidos y distribuidos. Esta actividad es fundamental para la planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y operación de los sistemas operadores de agua potable y alcantarillado. La micromedición tiene por objeto cuantificar periódicamente el consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda de agua.

1.5.1.1 Macromedición.

Es fundamental en la operación de un organismo operador, pues permite desarrollar las siguientes actividades:

- Obtener la dotación real de los sistemas y distintos sectores de abastecimiento de agua.
- Determinar los volúmenes y caudales de agua entregados en los sectores de producción, y comparar la disponibilidad con la demanda de agua.

- Obtener caudales, presiones y niveles en puntos significativos de los sistemas de agua potable.
- Generar información que permita evaluar el equilibrio en el suministro de agua en las diferentes zonas de presión, así como la homogeneidad de presiones en la red de distribución.
- Evaluar las condiciones hidráulicas de funcionamiento del sistema.
- Crear información para la planeación y ejecución de los programas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo en las líneas de conducción, redes de distribución, instalaciones y equipos electromecánicos, plantas de potabilización y tanques de almacenamiento.
- Evaluar el tiempo de saturación de los sistemas en función del desarrollo demográfico, socioeconómico y cultural de las comunidades.
- Determinar los volúmenes de agua no facturados.

- Determinar los componentes de las pérdidas en el sistema público de producción y distribución de agua.
- Facilitar la generación de datos útiles para evaluar el sistema de macromedición existente, incluyendo el grado de adecuación de los medidores domiciliarios al régimen de demanda de los usuarios, grado de precisión y sensibilidad de los equipos, eficiencia de mantenimiento, plan de sustitución, grado de eficiencia de lecturas y procesamiento de datos.
- Generar información para la formulación, implantación y control de las políticas tarifarias de los organismos operadores.
- Emitir datos estadísticos de las mediciones que permitan evaluar los programas de operación, mantenimiento y del uso eficiente del agua.
- Implantar el sistema de información operacional y el proyecto de control de la operación.

1.5.1.2 Micromedición.

Esta acción puede influir en la reducción del consumo domiciliario de agua hasta en un 25% en lugares donde no se contaba con medición. Se ha encontrado que las clases socioeconómicamente alta y baja son poco sensibles a la medición, pero que la clase media (muy numerosa en nuestro país) redujo sus consumos en un 50%, lo que proporciona ahorros totales equivalentes al 25%.

Algunas de las ventajas de instalar medidores son:

- Racionalización del uso de los recursos hidráulicos.
- Optimización de los recursos disponibles en el sistema actual, es decir, se pueden postergar inversiones o incrementar la cobertura de la red de agua potable.
- Posibilidad de ofrecer un servicio continuo, lo cual evita molestias a los usuarios y riesgos a la salud.
- Reducción de costos de operación.
- Apoyo a las acciones de control de fugas.

- Generación de información sobre el comportamiento de la demanda de las diferentes categorías y tipos de consumidores.

La micromedición puede resultar una acción cara desde la etapa de instalación hasta la de mantenimiento, por lo que conviene planear con mucho cuidado la administración de esta actividad.

Antes de instalar los medidores debe realizarse un análisis sobre el tipo, uso del predio y su probable consumo, de manera que se pueda determinar de manera efectiva la capacidad del medidor, existen dos riesgos principales: que se subdimensionen, es decir, que su capacidad sea inferior al consumo real del predio, con lo cual se obtendrán mediciones erróneas y se reducirá la vida útil debido al desgaste acelerado de las piezas; la otra posibilidad es que se sobredimensionen, cosa que implica una inversión inicial mayor que la necesaria, registros de flujos mínimos con errores debidos a la menor sensibilidad del instrumento.

En la Ciudad de México se han colocado modernos medidores de agua en casi la totalidad de las tomas domiciliarias

sin representar este cambio algún tipo de molestia para el consumidor; esta acción debió tomarse considerando los anteriores aspectos ya que aparentemente los resultados han sido satisfactorios.

Uno más de los aspectos fundamentales para lograr un uso eficiente es el de la detección y reparación de fugas; a continuación se tratará lo relacionado al tema y se continuará con otra alternativa para el uso eficaz del agua: la introducción de los sistemas tarifarios.

1.5.2 Detección y Reparación de Fugas.

Las pérdidas en los sistemas de agua potable, alcantarillado se deben a la evaporación, filtración en los vasos de almacenamiento, regulación, a las fugas en las plantas potabilizadoras, a las fugas en las redes y en las tomas domiciliarias; a la imprecisión de la medición o a la ausencia de ella y, en consecuencia, a la mala estimación, otras causas son las tomas clandestinas y el agua no contabilizada que se usa en los servicios municipales tales como el riego de áreas verdes o arbotantes para el control de incendios.

Las fugas en las redes pueden ser visibles o no visibles; las primeras emergen de la tierra o del pavimento, las segundas no se pueden detectar a simple vista, pues el agua puede ir al sistema de drenaje o al acuífero.

1.5.2.1 Causas de las Fugas.

Las causas de los escapes de agua pueden variar dependiendo del tipo de suelo, calidad del agua, la construcción de la red, los materiales usados, las presiones existentes, la edad de la red, las prácticas de operación y mantenimiento.

En la red, las fugas pueden presentarse como consecuencia de roturas debidas a agrietamiento transversal, aplastamiento a agrietamiento longitudinal; el primer caso es provocado por vibraciones causadas por cargas superficiales; el segundo, es resultado de la mala construcción y el tercero se debe a fatiga, defectos de fabricación o golpe de ariete. Existen otros fenómenos como la corrosión, la mala unión entre los tubos o la falla de las válvulas.

Por otra parte, en las tomas domiciliarias, las fallas pueden ser ocasionadas por rajadura, perforación, corte o desajuste de piezas. Todos los errores se encuentran relacionados con la mala calidad de los materiales o la mala construcción o con la presencia de cargas externas.

1.5.2.2 Beneficios de la Detección y Reparación de Fugas.

Se pueden resumir de la siguiente manera:

- Reducción de pérdidas de agua, energía eléctrica y reactivos químicos.
- Mejoramiento financiero, al reducirse los costos de potabilización y bombeo.
- Incremento en el conocimiento de la red por parte de los operadores del sistema.
- Reducción de riesgos de contaminación.

- Menor desgaste de bombas, plantas potabilizadoras y sistemas de distribución.
- Reducción de aportaciones a las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Uso más eficiente de los recursos existentes, al poder llevar a cabo la ampliación de la cobertura o diferir esfuerzos a la construcción de nuevas obras.
- Promoción de la participación ciudadana, ya que el manejo efectivo de un sistema siempre es un estímulo para que el público colabore a incrementar el beneficio obtenido.

La detección y reparación de fugas no es algo sencillo, ya que como se mencionó con anterioridad existen derrames que no se conocen por medio de la observación directa, por ello son difíciles de ubicar; en consecuencia, se han creado métodos para la localización de este tipo de fugas, los cuales se describirán a continuación.

1.5.2.3 Métodos para la Detección de Fugas.

Existen varios métodos para la detección de fugas destacando por su sencillez el método acústico; éste se basa en el hecho de las fugas a presión producen un ruido que puede ser captado por medio de micrófonos, amplificadores y audifonos. Es muy usado debido a su accesibilidad y fácil manejo, aunque puede ser difícil interpretar las señales si no se cuenta con experiencia suficiente en su manejo.

Otro procedimiento empleado es el de presurización de la red conocido también como sistema suizo; consiste en inyectar agua a presión a un sector de la red o a un tramo de tubería, medir la cantidad de agua que se requiere para mantener la presión constante, este volumen de agua es exactamente el que se escapa de la red.

La técnica de correlación¹⁶ se basa en la recepción del ruido debido a una fuga por medio de sensores colocados en ambos

¹⁶ Correlación: Analogía, relación recíproca entre dos o más cosas, ideas o conceptos. // Estad. Grado de interdependencia entre dos conjuntos de números. Es positiva, cuando al incrementarse la primera variable se incrementa también la segunda, y negativa, si el incremento de la primera implica un decrecimiento de la segunda.

extremos de la tubería; las dos señales se amplifican y procesan en un analizador de correlación hasta encontrar el defasamiento que produce una máxima correlación.

El método que se ha puesto en práctica más recientemente es el llamado método de trazadores. Consiste en inyectar un "trazador", por ejemplo isótopos¹⁷, óxido nitroso, helio o mezclas de metano con nitrógeno y con argón, para su posterior detección en la zona de fuga por medios químicos o radiológicos. Pruebas realizadas en distintas ciudades de nuestro país, llevadas a cabo empleando las técnicas antes descritas han revelado que hay cerca del 38% de pérdidas en los sistemas hidráulicos y que el 15% de las tomas tienen fugas.

Los resultados completos se observan en el cuadro 3 (página 54).

¹⁶ Enciclopedia Encarta 99, "Isótopo Trazador", © Microsoft Corporation.

¹⁷ Especie del mismo elemento con mismo número atómico, diferenciado por las masas de sus átomos.

Ciudad	Volumen	Tomas	Volumen		Volumen		Volumen		Total de
	Promedio	con	Perdido	Perdido	Perdido	Perdido	Submed.	Por	Pérdidas
	Suminist.	fuga	por Fuga	por Fuga	por Fuga	por Fuga	Por	Medidores	en el
	(L/s)	%	L/s	%	L/s	%	L/s	%	%
Guaymas	488	30	114	23.4	8.6	1.8	5.2	1.1	26.23
Querétaro	1783	14	242	13.5	50.0	2.8	243	13.6	29.96
Veracruz	2869	17	694	24.2	4.0	0.1	0.0	0.0	24.34
Xalapa	1215	9	418	34.4	108	8.9	0.0	0.0	43.32
Los Cabos	268	34	61	22.6	32.2	12.0	7.9	3.0	37.63
Oaxaca	721	24	427	59.2	8.2	1.1	0.0	0.0	60.34
Cancún	940	38	226	24.1	147	15.6	2.4	0.3	39.95
Chihuahua	3489	5	552	15.8	896	25.7	0.0	0.0	41.50
Cd. Juárez	4147	19	1241	29.9	240	5.8	0.0	0.0	35.70
Coahuila	730	19	289	39.7	31.9	4.4	0.0	0.0	44.03
Constitución	165	35	52	31.4	2.0	1.2	1.3	0.8	33.44
Durango	2128	21	650	30.5	236	11.1	0.0	0.0	41.63
Tapachula	776	10	107	13.7	170	21.9	30.6	3.9	39.55
Tuxtla Gtz.	1162	15	300	25.8	174	15.0	110	9.5	50.28
Zacatecas	485	14	134	27.7	14.8	3.1	0.0	0.0	30.74
Promedio		15.0		26.0		10.0		2.0	38.0
	(%)								

FUENTE: USO EFICIENTE DEL AGUA, GARDUÑO Y ARREGUÍN-CORTES, PÁGINA 73, 1994

Cuadro 3. Resultados de estudios de fugas en la república mexicana.

1.5.3 Sistemas Tarifarios.

Históricamente los costos del agua han sido subsidiados en gran parte por el gobierno de los países, sin embargo, cada vez es más difícil continuar con estos esquemas de financiamiento y en consecuencia se trata de establecer políticas tarifarias que involucren más al usuario y que expongan un precio un poco más cercano al real.

Las tarifas son un elemento fundamental en los programas de uso eficiente del agua. Según los especialistas, las tarifas pueden ayudar a ahorrar el vital líquido si en su estructura, se toman en cuenta consideraciones tales como el reflejo del costo real, la dependencia directa entre el costo y el consumo, incrementos diferenciales grandes para inducir con ello a la economía del agua, por último, es necesario que los cambios de tarifas estén acompañados de programas de comunicación y educación.

En resumen, al cobrar adecuadamente los servicios a los usuarios, el consumo se hace más eficiente, pues tiende a disminuir el volumen de agua usado y se evita el desperdicio.

No se tiene que descuidar el hecho de que el agua representa beneficios distintos para cada categoría de usuarios. En el medio urbano se distinguen básicamente cuatro tipos de uso: doméstico, público, industrial y especiales. Cada uno de estos distintos tipos de usos reacciona distinto ante un mismo estímulo económico de cobro por los servicios, por lo tanto es necesario diseñar adecuadamente las tarifas, para lograrlo, es necesario disponer de información detallada sobre los costos históricos y proyectados; también se requiere conocer el mercado consumidor, sus características de consumo estacional, además de la capacidad de pago de los usuarios del agua.

Una vez establecida la política tarifaria se requiere que todos los usuarios estén registrados en el padrón y que sean clasificados por categorías, que el volumen de consumo sea medido periódicamente con base en medidores en buen estado, que se calcule y cobre correctamente la factura a los clientes informándoles en ella el consumo y además se necesita que el proceso se ajuste continuamente.

El ajuste de las tarifas es un proceso indispensable debido al cambio en los costos de los insumos. Si no se planifica y

establece una política en este sentido, las tarifas quedarán sujetas a circunstancias ajenas al organismo operador y se rezagan. Además de diseñar bien una tarifa es necesario implantarla del mismo modo. Esto implica comunicar eficazmente la necesidad del cambio a las autoridades políticas y a los usuarios, para reducir la resistencia natural a cobros más altos; se deben realizar campañas de comunicación dirigidas a los diferentes estratos de usuarios y sectores sociales, basadas en información simple y atractiva. En las siguientes líneas se expondrá brevemente una fracción más que forma parte del concepto de uso eficiente; ésta es la reglamentación o legislación.

1.5.4 Reglamentación.

Por lo general, los reglamentos para hacer más eficiente el uso del agua son de tipo restrictivo y tienden a reducir el consumo del líquido; pueden ser de mediano o largo plazos o aplicables sólo durante las temporadas de escasez; normalmente éstos últimos requieren de una vigilancia muy estricta y, por lo tanto, es recomendable que sean instituidos únicamente en casos de extrema gravedad.

En México, existe el Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, que en su título segundo, capítulo tercero, trata sobre el uso responsable, racional y eficiente del agua. Algunos aspectos relevantes señalados en los artículos correspondientes indican que los usuarios deben mantener en buen estado sus instalaciones hidráulicas interiores con el fin de evitar los desperdicios; también se menciona que los inodoros tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio, las regaderas un gasto de 10 l/min y los mingitorios¹⁸ un consumo de cuatro litros por descarga. En el documento se indica que existe la obligación ciudadana para participar en el programa de sustitución de excusados; del mismo modo, se señala que las albercas de cualquier capacidad, deberán contar con equipos de filtración, purificación y recirculación del agua; queda también prohibido el uso de la manguera para el lavado de vehículos automotores y de la vía pública, entre otras consideraciones.

En algunos estados de la República Mexicana existen al igual, reglamentos relativos al uso eficiente del agua, y en la actualidad se está promoviendo que se establezcan en todo el país.

¹⁸ Mingitorio: Urinario. Lugar destinado para orinar.

En base a lo anterior, se puede observar que en nuestro país se ha tenido y se tiene la voluntad y la capacidad para inducir a la población a la conservación del agua, pero a pesar de los esfuerzos realizados en forma práctica y legislativa, la tarea de reducir el dispendio del recurso es una labor titánica que requiere la unión y comprensión de todos los mexicanos.

A continuación y a modo de resumen se citarán las ventajas, desventajas y reducciones en los consumos de agua, generadas por distintas formas o técnicas de uso eficiente del agua.

Técnica	Ventajas	Desventajas	Reducción del consumo
Medición	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil de Implantar. - Mayor potencial de ahorros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de capital. - Requiere cambios en la estructura tarifaria. 	25% en áreas sin medición.
Reparación de fugas	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce el agua no contabilizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos pueden superar a los del agua ahorrada. 	9% aprox.
Tarifas	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden inducir fuertemente al ahorro. 	<ul style="list-style-type: none"> - Objeción de los usuarios. - Requieren de estructuras bien diseñadas para ser efectivas. 	10%
Dispositivos ahorradores	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo precio. - Ahorros rápidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere la cooperación del usuario. 	Al menos 10% del consumo residencial
Reglamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Gran potencial de ahorro. - Reduce aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible resistencia de constructores. 	Sobre un 10% del uso residencial

FUENTE: GRISHMAN, A. Y FLEMING, W. Long Term Options for Municipal Water Conservation, Journal of the

American Water Works Association, Estados Unidos, Marzo 1989.

Cuadro 4. Técnicas de uso eficiente del agua en el medio municipal

Técnica	Ventajas	Desventajas	Reducción del consumo
Restricciones al uso	- Efectivo en los exteriores de las casas, especialmente en sequías.	- Requiere la cooperación del usuario. - Difícil de establecer.	10 a 20% del uso residencial
Reuso y jardines eficientes	- Ahorros significativos. - Bajo mantenimiento de las plantas nativas.	- Baja aceptación de los usuarios. - Preferencias personales respecto a plantas. - Puede no haber disponibilidad de plantas nativas	25% del uso residencial
Educación	- Cambio de malos hábitos. - Resultados a largo plazo. - Promueve la participación voluntaria.	- Requiere un esfuerzo bien planeado y coordinado.	5%

Cuadro 4. Continuación

Al realizarse la comparación entre las diversas técnicas de uso eficiente del agua, aparece un nuevo concepto que no se ha tratado, el concepto de reuso el cual es la médula espinal del presente trabajo; conviene definirlo puesto que es similar a otro que es recirculación. Es importante también hacer notar que los

procedimientos no son excluyentes y que pueden aplicarse tanto en la industria como en el hogar y la oficina.

1.5.5 Recirculación.

Esta acción consiste en utilizar el agua en el proceso donde inicialmente se usó. En general, la primera vez el agua ha sido utilizada, cambia sus características físicas y químicas, por lo tanto, podría requerir algún tipo de tratamiento; es necesario entonces, conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo, por ende, el tipo de tratamiento necesario.

Uno de los usos industriales en que se emplea la recirculación es el enfriamiento de equipos que generan calor, por ejemplo, las bombas o los sistemas que condensan gases, tales como el de la refrigeración o la condensación de vapor. En los casos antes mencionados, para recircular el agua se utilizan torres de enfriamiento, las cuales disminuyen la cantidad de calor por medio de la evaporación de una parte de agua. La recirculación también se utiliza en los procesos de lavado que tienen por objeto la remoción de residuos o elementos contaminantes de los productos o equipos fabricantes; en este

caso no es necesario establecer el sistema de tratamiento adecuado para la remoción.

En los procesos de transporte de materiales, por ejemplo minerales o alimentos, se puede recircular el agua, incluso sin tratamiento. Actualmente, en la fabricación de papel, el reciclaje de agua y fibras es una actividad común.

1.5.6 Reuso.

En esta situación, el efluente de un proceso (con o sin tratamiento) se utiliza en otro que requiere de diferente calidad de agua. Es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuando corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismo para transportar el líquido. El agua producto de los procesos de lavado puede reusarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede en los casos mencionados en la definición de la recirculación.

Con estas definiciones se da por terminado el primer capítulo de este trabajo profesional; en los siguientes capítulos veremos que la problemática del agua tiene muchas soluciones y

que una de ellas es la reutilización del agua. Este reuso es la base del proyecto que aquí se desarrolla llamado "SIDRA", cuyo nombre completo es "Sistema Doméstico de Reutilización de Agua".



Capítulo 2:

“Antecedentes del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua”.

En este capítulo se darán a conocer diversos antecedentes del Sistema de Reutilización Doméstico de Agua; éstos no son prototipos o versiones precedentes del SIDRA, sino que son el resultado de varios proyectos de investigación enfocados principalmente al ahorro de agua dentro de casas – habitación, para con ello seguir el modelo del uso eficiente del agua en las ciudades.

Los proyectos que se mencionarán, fueron realizados por instituciones pioneras en este tipo de investigación en nuestro país y cuentan con recursos públicos y privados. Destacan dos organismos por su incansable esfuerzo y dedicación para lograr mecanismos reductores del consumo de agua, que si bien, representan por sí mismos una fuente de inspiración para futuros investigadores, son hoy y ahora una alternativa viable para aliviar la tan grave situación en que se encuentra el agua en nuestro país. Las instituciones de que estamos hablando son la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Instituto de Ingeniería y la Comisión Nacional del Agua por medio del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Los dispositivos realizados toman en cuenta, no sólo la escasez de agua, sino que consideran factores tales como el tipo

de terreno en donde se instalarán, el clima y los niveles económicos de las personas a las que pueden y deben llegar dichos dispositivos. Con lo anterior nos podemos dar cuenta de que el éxito de los aparatos o mecanismos realizados, depende únicamente del grado de difusión y comercialización que se haga tanto por parte del gobierno como de las empresas que se dediquen a la distribución; así pues, se dará paso a la descripción de los distintos mecanismos.

2.1 Inodoros de Bajo Consumo.

Los retretes de bajo consumo son aquellos destinados para el uso sanitario y diseñados para un consumo de agua no mayor de seis litros por descarga, de tal forma que constituyan opciones viables para ser consideradas en los programas de sustitución masiva de inodoros. La construcción o mejor dicho, la forma exterior de las tazas, no es considerada para clasificarlas o no como de bajo consumo.

El funcionamiento hidráulico de los inodoros de bajo consumo, es de tres tipos distintos:

- Cascada: La descarga del tanque a la taza se produce por canales laterales, que permiten el choque en el frente de ésta y arrastran los sólidos.
- Remolino: La descarga de la taza se produce a través de pequeños orificios de forma inclinada que se encuentran en el aro de la taza y producen un remolino que elimina los desperdicios.
- Directa: La descarga se lleva a cabo por medio de orificios en el entorno de la taza; éstos están colocados en forma vertical, de tal manera, que el agua se dirige en forma directa al espejo de agua, arrastrando así los sólidos.

En base a estudios realizados por el IMTA, se dice que hay una mayor preferencia por parte de los fabricantes para diseñar y construir excusados de bajo consumo con el funcionamiento tipo cascada, ya que permite un arrastre de sólidos más efectivo que el realizado por los que cuentan con descarga del tipo remolino y directo, sin embargo, en nuestro mercado, se encuentran aún, más comúnmente los dispositivos con descarga del tipo remolino,

ya que poseen la característica de hacer un mejor lavado de paredes.

Por su parte, los retretes que funcionan por tipo directo, deben tener un mejor control de calidad en sus acabados, ya que de lo contrario, pueden presentarse obstrucciones en los orificios que ocasionen un lavado de paredes deficiente, dejando por tanto, sólidos adheridos a ellas. Al igual que existen diferentes formas de descarga en estos inodoros, el tipo de alimentación hidráulica es variado y constituye parte importante para la selección de un retrete.

2.1.1 Tipo de Alimentación Hidráulica.

La alimentación al tanque bajo de los inodoros de fabricación nacional se realiza por su parte inferior, mediante tubo de cobre de media pulgada de diámetro. La Norma Oficial Mexicana menciona al respecto, que los tanques deben ser de una sola pieza con su tapa adjunta, no especificando el lugar donde deba efectuarse la alimentación, ni su diámetro. Como puede verse, la Norma Oficial Mexicana, es muy flexible a este respecto, ya que

para considerar un programa de sustitución de inodoros, se tendría el pequeño inconveniente de realizar las adecuaciones necesarias cuando la alimentación sea por la parte lateral o por la parte superior del tanque.

Es importante mencionar que, los muebles de baño de fabricación española, japonesa e italiana son los que tendrían problemas con la instalación, ya que cuentan con alimentación lateral. Así como el tipo de alimentación de un retrete tiene importancia para la selección del mismo, el tipo de herrajes usados en su construcción, es de importancia para su correcto funcionamiento.

Los herrajes de cualquier tipo deben permitir el llenado del tanque y el cierre automático, hermético de la válvula de entrada, al alcanzar el nivel de agua equivalente a un volumen de descarga de seis litros; su calibración es sencilla y se efectúa manualmente, para adecuar el nivel de agua al volumen de descarga deseado.

Para probar la consistencia del funcionamiento de los herrajes, se efectúan 7000 descargas, al final de las cuales se debe tener

una operación correcta del dispositivo para garantizar una vida útil de dos años.

Los inodoros de bajo consumo que se encuentran disponibles en el mercado nacional, presentan la palanca de accionamiento de descarga en tres diferentes partes del tanque: por la parte superior, lateralmente y en la parte frontal. Los retretes de procedencia nacional tienen este mecanismo en la parte frontal.

2.1.2 Unión taza – tanque.

Los tanques deben estar adecuadamente acoplados a las tazas, mediante empaques y fijados con tornillos metálicos o de plástico que garanticen la hermeticidad de la unión y el hecho de que el tanque no tenga movimiento con respecto a la taza. Algunos inodoros como el modelo Porcher de fabricación francesa es de una sola pieza, presentando la desventaja de que al ser dañada alguna pieza (taza o tanque), se tendría que adquirir la unidad completa.

Para continuar con la descripción y funcionamiento de los excusados de bajo consumo, es necesario incluir los términos del espejo de agua y del sello hidráulico.

2.1.3 Espejo de Agua y Sello Hidráulico.

La función principal del espejo de agua y del sello hidráulico es la de impedir el retroceso de olores de la red de drenaje y permitir la total salida de los desechos hacia la misma.

El volumen del sello hidráulico no influye en demasía en el funcionamiento de los inodoros, sin embargo, existe un margen dentro del cual se ha observado un mejor desempeño de los muebles; el límite inferior es de aproximadamente 1.20 litros y el superior se fija en 2.15 litros. La consecuencia directa de una incompleta eliminación del sello hidráulico, es la presencia de residuos o desperdicios en el espejo de agua.

Cabe mencionar que la calidad de los productos sanitarios que se venden en nuestro país, está resguardada por la Norma

Oficial Mexicana*¹, la cual establece los parámetros que deben cumplir los muebles en su apariencia y características geométricas, así como, las pruebas para comprobar el correcto funcionamiento hidráulico de los retretes.

En las figuras 10, 11 y 12 de las páginas 71 y 72, se muestran muebles sanitarios con alimentación posterior y lateral, además de una representación de herrajes comunes.

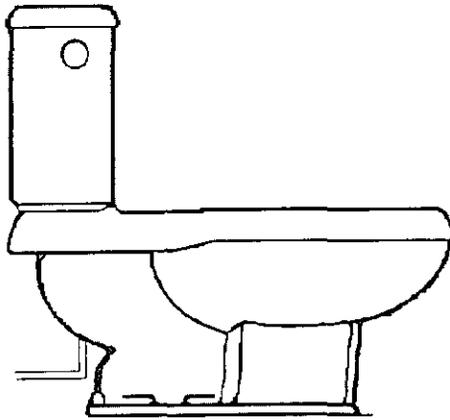


Fig. 10 Inodoro con alimentación posterior

FUENTE: CATALOGO DE BOLSILLO 1995 IDEAL STANDARD

* Norma Oficial Mexicana NOM-C-328/2-1986 –Industria de la construcción- Muebles sanitarios de loza vitrificada –Inodoros de bajo consumo-.

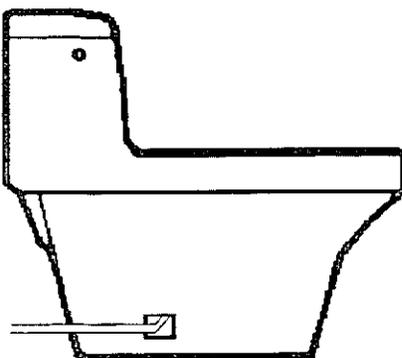


Fig. 11 Inodoro con alimentación lateral

FUENTE: CATALOGO DE BOLSILLO 1995 IDEAL STANDARD

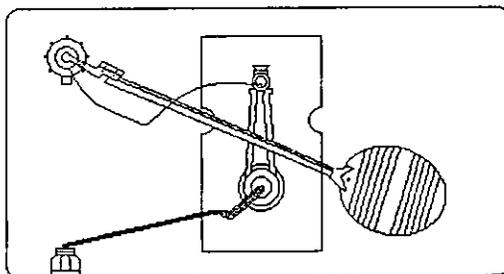


Fig. 12 Herrajes comunes

FUENTE: INFORME FINAL DISPOSITIVOS AHORRADORES, IMTA

Existen un par de dispositivos llamados ahorradores que permiten reducir en buena parte los consumos de descarga de los

W. C.¹⁹ Tradicionales, los cuales tienen evacuaciones de 11 litros o más. En las páginas siguientes se describirán de forma breve estos dispositivos.

2.2 Dispositivos Ahorradores.

A partir de 1989, en México se producen y comercializan obligatoriamente excusados de seis litros por descarga. Permiten el ahorro de agua en las instalaciones sanitarias construidas después de tal obligatoriedad. Esto implica que la inmensa mayoría de los excusados que se tienen en comercios, industrias, edificios públicos y principalmente en los hogares son de alto consumo (15 litros por descarga en promedio), los cuales, aunque se tiene la opción de sustituirlos, económica y financieramente representan obstáculos difíciles de vencer. En consecuencia, una alternativa viable para el ahorro de agua a nivel domiciliario, se presenta con el uso de dispositivos simples y económicos que, complementados a estos inodoros, disminuyan al máximo su descarga sin afectar su buen funcionamiento en la eliminación de desperdicios.

¹⁹ Las siglas W. C. vienen del inglés y significan Water Closet (cuarto de baño).

Antes de que se empezaran a fabricar en el país retretes de seis litros, en algunas ciudades se promovió la colocación de bolsas de agua en los tanques de los retretes instalados con el fin de que disminuyese el volumen de descarga; este propósito fue cumplido, pero sin que se lograra el desalojo eficiente de desechos debido al diseño propio de las tazas. Se ha observado también que en algunos casos, los W. C. de alto consumo tienen un volumen de descarga nominal (nivel indicado en el tanque bajo) mayor que el requerido (volumen óptimo de descarga) para satisfacer los requerimientos de este tipo de instalaciones. Lo antes mencionado implica que cualquier disminución en la descarga, mayor a la que permite el volumen óptimo, debe verse acompañada de alguna modificación o complementación en la taza.

2.2.1 Supersifón.

El primer dispositivo a estudiar consiste en una extensión plástica del sifón de la taza, llamada por el fabricante "supersifón".

Las extensiones de sifón son fabricadas, como se dijo anteriormente, de material plástico, y están diseñados para

acoplarse al final del sifón del retrete con junta proel e insertar el tramo cilíndrico en el albañal²⁰. Se encuentran disponibles en diferentes longitudes como son 15, 28.5 y 82.5 centímetros; el diámetro de entrada del supersifón es de 10 centímetros (valor igual al diámetro de salida del sifón del inodoro). El diseño se continúa con un tramo de transición a 3.8 centímetros en una longitud de nueve centímetros, después de los cuales se conserva este diámetro hasta la longitud final.

Para verificar el funcionamiento y determinar el porcentaje de ahorro de agua que generan los supersifones, se aplicaron las pruebas que especifica la Norma, obteniéndose los resultados mostrados en el cuadro 5, de la página siguiente.

²⁰ Albañal: Canal o alcantarilla || Cloaca.

Excusados	Descarga Nominal (L)	Descarga con supersifones integrados que superan NOM (L)				% de Ahorro
		E-1	E-2	E-3	E-4	
MARCA/MODELO						
1. I. S. ZAFIRO	18	-	-	15	-	16
2. I. S. LIDER	18	-	8.1	-	-	55
		-	-	9.1	-	49
3. I. S. OLIMPICO	15	-	-	12	-	20
4. I. S. ESTÁNDAR	15	-	12	-	-	20
		-	-	12	-	20
5. I. S. ZAFIRO-B	18	-	-	-	12.5	30
6. I. S. LIDER-B	18	-	-	-	9.5	47
7. I. S. ESTÁNDAR-B	15	-	-	-	13	13
8. I. S. LIDER-C	18	-	-	-	9.7	46

Nota: el modelo E-1 sirvió como producto de comparación, puesto que su instalación la recomienda el fabricante en inodoros de seis litros.

FUENTE: INFORME FINAL "DISPOSITIVOS AHORRADORES", IMTA

Cuadro 5. Resultados de las pruebas de funcionamiento hidráulico de supersifones

En las figuras de abajo (13 y 14), se muestran un retrete con supersifón y los accesorios necesarios para su instalación.

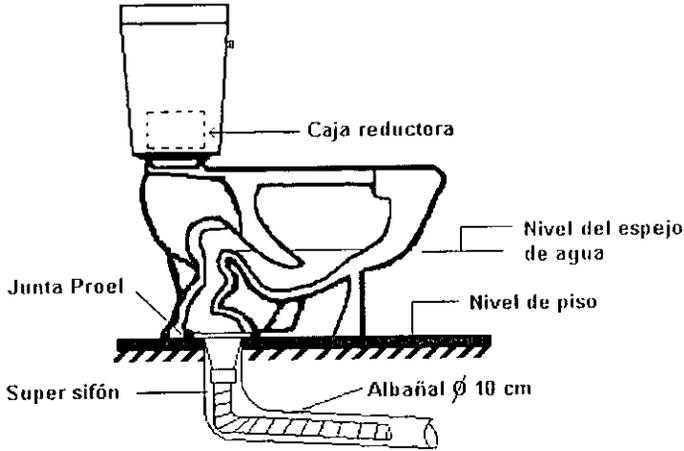


Fig. 13 Supersifón

FUENTE: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SUPERSIFÓN, IMTA

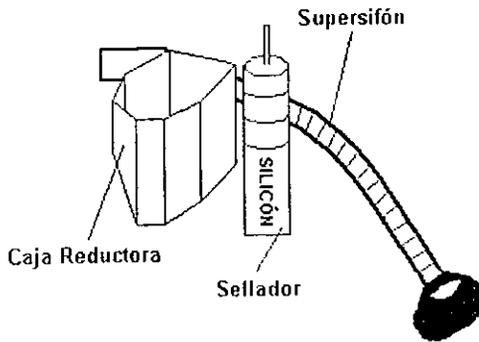


Fig. 14 Accesorios de colocación del supersifón

FUENTE: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL SUPERSIFÓN, IMTA

En renglones precedentes se dijo que existía un par de dispositivos ahorradores; ahora es el turno de hablar del segundo dispositivo; éste parte de la idea de un prototipo al que su creador llamó "Agua Falsa", ya que se coloca en el interior de la taza para ocupar parte de su sello hidráulico. Este prototipo no se evaluó en su momento, porque cuando fue presentado al IMTA, el laboratorio estaba en un proceso de construcción. A pesar de esto, ahora se ha probado un dispositivo construido en el laboratorio que parte de la misma idea que el "Agua Falsa". Este nuevo mecanismo es llamado "Cubierta Ahorradora", ya que precisamente viene a cubrir la mayor parte de la superficie interior de la taza.

2.2.2 Cubierta Ahorradora.

La "Cubierta Ahorradora", se puede fabricar a base de hule espuma que se encuentra en presentación de spray, y recubrirse posteriormente con silicón. Un diagrama de la cubierta ahorradora se muestra en la Fig. 15. El resultado de ahorro más halagador se presentó en la evaluación del modelo Estándar fabricado por Ideal Estándar; el resultado se muestra en la pequeña tabulación de la siguiente página.

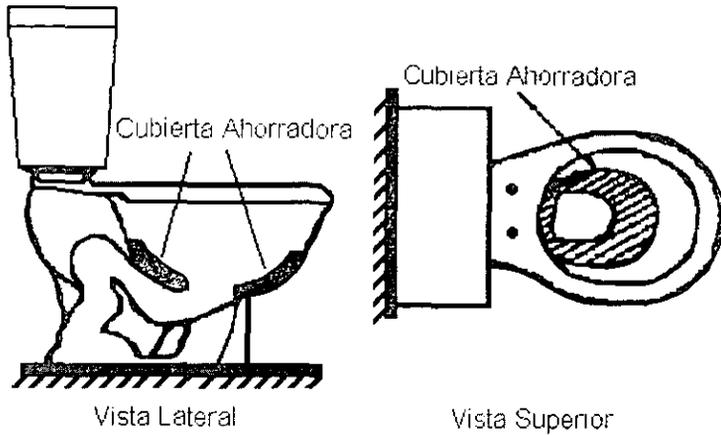


Fig. 15 Cubierta ahorradora

FUENTE: INFORME FINAL DISPOSITIVOS AHORRADORES, IMTA

Excusado	Descarga (l)	Con Supersifón	Con Supersifón y Cubierta Ahorradora	Porcentaje de Ahorro
Estándar	15	13	-	13.3
Estándar	15	-	9	40

FUENTE: INFORME FINAL "DISPOSITIVOS AHORRADORES", IMTA

Cuadro 6. Resultados de las pruebas de funcionamiento hidráulico de supersifón y cubierta ahorradora

Como puede verse, la aplicación de los dispositivos no es excluyente, es decir, pueden usarse uno, dos o tres juntos, si hablamos de inodoros de bajo consumo. De aquí en adelante, los proyectos presentados serán, de igual manera muy versátiles y podrán instalarse combinados para lograr con ello la mayor reducción en el consumo del agua.

Los estudios concebidos en el IMTA y expuestos en las secciones anteriores no han sido difundidos de manera apropiada y por ende, los resultados no han sido del todo satisfactorios tanto por el número de usuarios como por el tiempo de respuesta o aceptación por parte de la población en general. Las técnicas de reutilización o captación de agua son algunas otras alternativas que no son nuevas ni tampoco complicadas o costosas tal como se demuestra con la siguiente información.

2.3 Sistema de Recuperación Pluvial.

En el capítulo anterior se creó un panorama de la crisis de escasez de agua que vive el mundo, la cual afecta como es de pensarse a los centros urbanos más densamente poblados; en

nuestro país, una solución eficaz sería mudar la capital de la república, como sucedió con Brasilia. Pero eso no va a ocurrir aquí, así que es conveniente prestarle atención a una de las bendiciones de la naturaleza: la lluvia.

Año con año – si es que aún se mantiene una temporada de aguaceros, pues últimamente llueve sin horario fijo - , el agua de lluvia se convierte en un problema que se resuelve de inmediato con mandarla directamente al drenaje y, de ahí, fuera de la cuenca del Valle de México, en una palabra se desperdicia.

Esta agua, por su origen es limpia, totalmente potable, aunque es probable que a su paso por un ambiente tan contaminado como el de la ciudad de México, lave impurezas y obtenga algún grado de acidez que en definitiva puede ser disuelto con un simple filtro doméstico. El problema se centra, más bien en la recolección, o sea, en su paso por entre las superficies, calles y techos hasta un posible lugar que la recoja. Probablemente, ésta situación se presenta con el agua entubada cuando no se limpian periódicamente los tinacos; inclusive, podría restringirse su uso sólo para el lavado casero de enseres y ropa, o

para la regadera, y una vez utilizada, reciclar esta agua jabonosa, para enjuagar el inodoro.

Con esto se tendría un ahorro estimado del 80% en el consumo doméstico, el mayor rubro de la ciudad comparado con el consumo industrial o el del municipio.

En verdad, no hay nada nuevo bajo el sol. En la antigüedad se acostumbraba recolectar agua de lluvia en cubetas, ollas o peroles, para utilizarla después en variadas formas. En la actualidad el reciclamiento del agua "de uso" no es nada original, ya que se hace constantemente y esta agua se aplica al riego de áreas verdes. Todo esto requiere de costosas plantas de tratamiento que exigen la construcción de una infraestructura, su reparación y mantenimiento. En una ciudad y más aún, en un país agobiado por sus gastos, tal como el caso con el que lidiamos todos los días, la realización de grandes obras que capten agua de lluvia, la potabilicen o reciclen puede ser muy gravosa. Al contrario de lo anterior, lograr que la ciudadanía ponga en marcha este tipo de acciones, puede implicar solamente la aplicación de un sencillo reglamento.

Una solución factible, no costosa – y por vía indirecta de impuestos –, sería aplicar un reglamento que imponga la captación de agua de lluvia y el reciclamiento de las aguas jabonosas en todo nuevo proyecto constructivo, ya sea habitacional, de servicios o industrial; esto sería similar a lo que marca la NOM respecto a los retretes de bajo consumo.

Por otra parte, la utilización de agua de jabón para el arrastre de desperdicios en el excusado no tiene por qué ser desagradable; hay productos dosificadores que agregan colorantes y limpiadores que sirven para mantener limpios los muebles sanitarios.

La puesta en marcha de estos sistemas en el costo sobre los proyectos constructivos, puede estimarse en un porcentaje menor al cinco por ciento del total de la obra, debido a que tendría que dotarse adicionalmente a la construcción con:

- Una cisterna para captación de aguas pluviales y cañerías de PVC para inducir el agua recolectada de techos y patios.

- Un sistema de filtros a base de arena y grava, que pueden estar contruidos en mampostería a un lado de la cisterna, para filtrar las aguas de lluvia durante su recorrido de los recolectores a la cisterna.
- Bomba y tinaco para elevar el agua pluvial.
- Tuberías plásticas o de cobre para llevar el agua de lluvia hacia regaderas, fregaderos o lavaderos.
- Segunda cisterna para captar agua jabonosa.
- Bomba y tinaco para reutilizar agua de jabón.
- Tuberías para llevar el agua jabonosa al baño.

Este tipo de construcción, fue desde hace tiempo concebido por grupos de arquitectos ecologistas con el fin de lograr viviendas que realmente dependan mínimamente de agua municipal para satisfacer las necesidades de una familia promedio. Es más, esas viviendas ya se han llegado a construir y están actualmente en operación.

Si ese reglamento fuera puesto en operación próximamente, en 20 años la mitad de la ciudad podría emplear apenas un 20% del agua de la toma municipal, con el logro de una autosuficiencia con el otro 80%. Una política adecuada de cuotas e incentivos, que premiara a las construcciones existentes que adoptaran el sistema, imprimiría ahorros más sustanciales en el consumo, hasta que la ciudad quedara satisfecha en su consumo de agua potable y dejara de representar una amenaza para los recursos acuíferos de las entidades vecinas. Un esquema del sistema descrito, se puede apreciar en seguida.

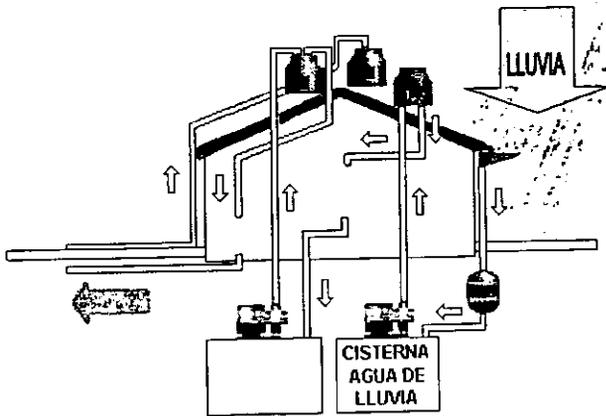


Fig.16 Sistema de recuperación pluvial

FUENTE: REVISTA OBRAS, SEPTIEMBRE 1997

A lo largo de las páginas de este trabajo han quedado sentadas muy en claro dos cosas: la primera es la gravísima falta de agua que hay y que habrá en el planeta si no ponemos un remedio y la segunda es que existen diversas opciones para enfrentar el problema, además de que las alternativas no son excluyentes, se pueden combinar para lograr trabajos más eficientes y ahorros muy significativos.

En el sistema de captación de aguas de precipitación, se mencionó que ésta se podría filtrar; pero ¿por qué parar con un simple filtrado?, si se puede mejorar la calidad del agua por medio de un proceso de purificación. En las líneas precedentes, se dará a conocer un trabajo de este tipo realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.4 MicroPlanta de Tratamiento de Aguas Residuales.

En los países latinoamericanos existe el grave problema de la disposición de las aguas residuales generadas en centros urbanos, industriales o agrícolas. En el caso de las aguas residuales domésticas, el problema se agrava al no contar parte

de la población con drenaje, situación que se presenta cuando éste tiene un alto costo de construcción debido a la naturaleza del terreno o cuando las zonas pobladas crecen a un ritmo mayor que el de los servicios de urbanización.

Bajo las condiciones sociales, económicas y ambientales en que se halla el medio latinoamericano, es imperioso que se considere el diseño de micro plantas de tratamiento con las siguientes características:

- Que la planta de tratamiento posea dimensiones que permitan su instalación y operación a nivel unifamiliar y con márgenes de crecimiento en caso de incremento en el gasto domiciliario.
- La planta de tratamiento deberá ser económica en su inversión y sobre todo en los recursos destinados a su operación y mantenimiento.
- Que opere con eficacias tales que cumpla con la normatividad vigente.

- Que las condiciones de mantenimiento preventivo y correctivo sean mínimas y puedan ser efectuadas en su mayor parte por los propios usuarios.
- Que la planta de tratamiento no de molestias al usuario en relación con ruido, proliferación de insectos y malos olores.
- Que cuando sea necesario, y con la mínima complejidad adicional, pueda producir un agua con calidad adecuada para ser reutilizada.

Una vez hechas todas las consideraciones, respecto a la facilidad de uso, mantenimiento y calidad del agua producida, se creó un prototipo constituido por: un compartimiento receptor de aguas residuales provenientes de una fosa séptica, dos filtros anóxicos puestos en serie para la nitrificación del efluente anóxico y una corriente de recirculación entre el medio aerobio y el anóxico a través de un sistema "airlift" (succión por aire). La planta de tratamiento está diseñada para remover materia orgánica disuelta y en suspensión además de nitrógeno con bajos requerimientos energéticos y altas eficacias de tratamiento. La planta funciona

con un solo compresor de diafragma con una potencia de 60W y tiene un tiempo máximo de seis meses para efectuar la purga de los lodos acumulados.

El diseño en sí, contempla la combinación de dos medios biológicos: el anaerobio y el aerobio. La instalación de tratamiento consta de cuatro regiones de proceso, es decir, una zona de entrada de aguas residuales, dos reactores desnitrificantes tipo filtro anaerobio puestos en serie, un filtro aerobio sumergido nitrificante dividido en cinco zonas en serie y un sedimentador secundario. Todas estas zonas son integradas en un diseño compacto bajo una geometría cilíndrica que permite condiciones hidrodinámicas adecuadas, ahorro de espacio y estabilidad estructural (figura 17).

El prototipo posee un volumen neto total de 1016 L con una capacidad de tratamiento de 1 a 2m³/d, calculado para un gasto equivalente al realizado por entre 5 y 10 personas. La planta de tratamiento está calculada para el manejo de agua residual doméstica con concentraciones típicas de DQO²¹, DBO_s²²,

²¹ Las siglas DQO significan Demanda Química de Oxígeno.

²² Las siglas DBO_s quieren decir Demanda Biológica de Oxígeno Suspendido.

y SST²³ de 500, 220 y 220 mg/L respectivamente.

La planta de tratamiento fue fabricada en fibra de vidrio y acoplada en un tinaco de polietileno de alta densidad de 1100 L para proporcionar firmeza a su estructura. En el compartimiento correspondiente a la entrada de agua residual, se introdujo una malla gruesa de material plástico con el fin de retener sólidos gruesos.

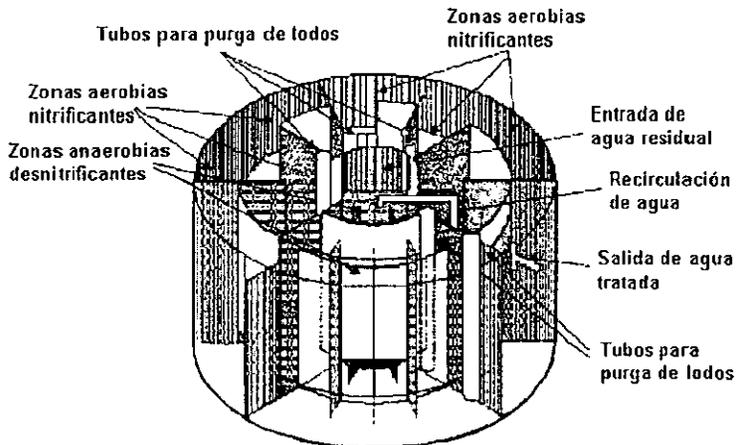


Fig. 17 Micro planta de tratamiento de agua

FUENTE: EVALUACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PLANTA DE TRATAMIENTO IN SITU DE AGUAS RESIDUALES PARA CASAS HABITACIÓN, INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

²³ SST son las iniciales de Sólidos Suspendidos Totales.

Para evaluar la calidad del funcionamiento de la planta de tratamiento, se instaló ésta, en la planta de tratamiento de la UNAM en el campus de Ciudad Universitaria, en ciertas casetas de cobro a cargo de Caminos y Puentes Federales y en algunas viviendas en la zona del Ajusco; los resultados obtenidos de estas instalaciones fueron satisfactorios y además permiten a la micro planta ser comparada con otros productos similares que se pueden conseguir en el mercado mexicano.

Haciendo referencia al tema de la comparación hay que manifestar que los antecedentes conocidos sobre el estado de la técnica en materia de tratamiento de aguas residuales especialmente aplicados para casas habitación se refiere a sistemas que involucran en su tren de proceso fosas sépticas con sistemas aireados, en la gran mayoría del tipo lodo activado y zonas empacadas aireadas orientadas a la eliminación de materia orgánica básicamente.

La planta en cuestión, a diferencia de las plantas de tratamiento que comúnmente se encuentran en el mercado, combina una zona de digestión anaerobia de alta tasa por medio

de dos cámaras de filtros anaerobios seguida de una zona aerobia conformada por más de dos compartimientos en serie que permiten la extensión de la aireación para llevar a cabo la nitrificación. A su vez, la recirculación interna permite la desnitrificación. Los compartimientos de la obra hidráulica de tratamiento, están diseñados de tal forma que permiten una adecuada distribución del agua a través del tren de tratamiento, disminuyendo considerablemente las zonas muertas dentro de los tanques de tratamiento. Todas las divisiones se encuentran integradas en un diseño compacto que demanda bajo espacio para su ubicación y facilita su operación y mantenimiento como ya se había dicho. Para poder comparar las características de esta planta, se han identificado algunas otras que se expenden en nuestro país. De acuerdo con información recopilada de catálogos comerciales, proporcionados por los fabricantes, se sabe que la gran mayoría de las plantas de tratamiento cuenta con una zona de recepción de agua residual cruda dentro de lo que se considera la planta de tratamiento en sí, bajo el marco de un diseño compacto en el cual en un único tanque se involucran las distintas fases del tratamiento; también se sabe que casi ninguna otra planta posee filtro anaerobio y que el trabajo desarrollado por la UNAM, tiene un porcentaje de remoción de DQO a la par que la

mayoría de los diseños de la competencia, situándose en más de 95%.

Otra característica sobresaliente del trabajo expuesto, es que cuenta con siete zonas en serie con filtros sumergidos, mientras que otros diseños cuentan con únicamente una zona aerobia; ya para concluir con el análisis comparativo, vasta mencionar que en esta planta se efectúan los procesos de desnitrificación y nitrificación, cosa que se presenta sólo en una estación de tratamiento más. Hágase hincapié en el número de unidades analizadas que es de 13.

En cuanto al costo, debe tomarse en consideración que la construcción de la planta de tratamiento fue artesanal, es decir, un solo prototipo; el desglose de gastos se hace en la tabla de abajo.

Concepto	Precio en USD
Estructura de fibra de vidrio	1000
Empaque con anillos de plástico prefabricados (1 m ³)	245
Compresor de aire	1110
Accesorios	35
Total (al mes de Febrero de 1999)	2390

Cuadro 7. Inversión realizada para planta de tratamiento

Con el propósito de poseer un marco de referencia, se indagó el precio de sistemas similares; el BRAIN cuesta aproximadamente 1600 dólares, mientras que el Bioclere 6200 dólares.

Aunque con este tipo de plantas tratadoras de agua, de bajo costo, mantenimiento y requerimientos de espacio, la introducción de tecnologías de reciclaje se ve frenada más por el hecho de que los usuarios no pagan su costo, que por la falta de educación o participación. Ahora se verá una alternativa financiada por instituciones ecológicas extranjeras.

2.5 El Proyecto SIRDO.

La tecnología mexicana denominada SIRDO (Sistema Integral de Reciclamiento de Deshechos Orgánicos) ha sido financiada por la International Development Research Centre, de Canadá obteniendo como resultados la construcción de más de 150 unidades en siete estados de la República Mexicana durante el periodo de 1979 a 1991, solucionando en forma descentralizada el reciclaje de agua para más de 3600 familias.

El Sistema Integral de Reciclamiento de Deshechos Orgánicos es una bioingeniería descentralizada para el reciclaje de aguas domésticas cuyo objetivo es coadyuvar el proceso de desarrollo económico, ayudando a conservar la calidad del medio ambiente, generando insumos para actividades productivas colaterales. Al reciclar in situ, las aguas negras y jabonosas, elimina la contaminación que la ausencia de tratamiento genera y optimiza su uso al producir agua para acuicultura y para riego en el lugar mismo donde se producen. De esta forma libera recursos financieros a corto y largo plazo que, de otra manera se canalizarían hacia la conservación de áreas verdes, por un lado y a la recuperación de ecosistemas degradados, por otro lado.

Las tecnologías que, como el SIRDO (figura 18), pretenden la optimización del agua, requieren de políticas ambientales orientadas a incidir en la economía micro regional mediante:

- a) La racionalización de subsidios.

- b) La creación de “permisos negociables” que gravan la generación de aguas residuales entre ciudades o regiones, según su calidad.

- c) La creación de impuestos sobre el contenido de fosfatos, nitratos, metales pesados, y patogeneidad en el efluente.
- d) Una planeación urbana flexible que tome en consideración espacios requeridos por las necesidades que genera el reciclaje.
- e) El estímulo fiscal y créditos bancarios ágiles para desarrollos habitacionales que reciclen sus desperdicios sólidos y líquidos.

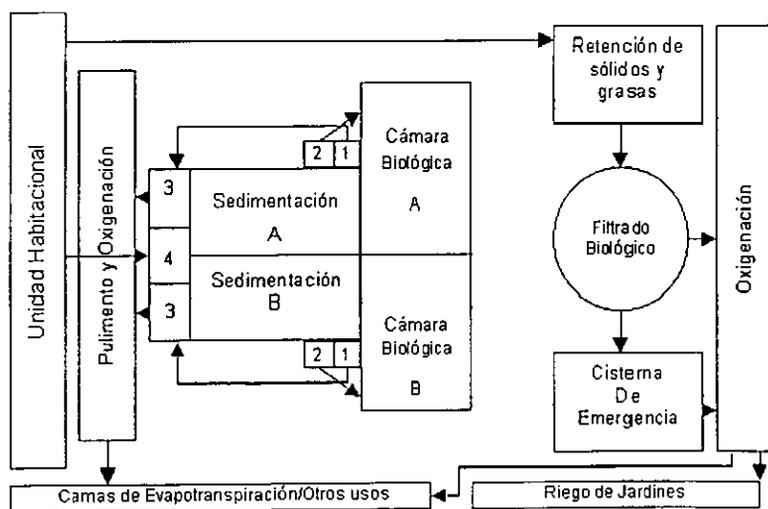


Fig. 18 Representación esquemática del sistema SIRDO

FUENTE: USO EFICIENTE DEL AGUA, IMTA

Existen en la actualidad dos modalidades del SIRDO: la SECA para comunidades que padecen escasez de agua para el tratamiento de materia fecal humana y la HÚMEDA aplicable a situaciones donde la disponibilidad de agua permite usar redes colectoras para beneficio de 10 a 100 familias por unidad.

El diseño del SIRDO parte de una premisa fundamental que es utilizar las aguas negras como inóculo²⁴ para la descomposición aeróbica de los desechos sólidos orgánicos. Contrariamente al esquema convencional que separa los desechos sólidos de los líquidos, al mismo tiempo que mezcla aguas negras con jabonosas, el SIRDO articula el tratamiento de aguas negras con desechos sólidos y separa las aguas jabonosas de las primeras, evitando así su contaminación bacteriológica con las mismas; de esta forma, permite la reutilización de las aguas jabonosas mediante procesos de filtración biológica, relativamente sencillos.

El SIRDO es un mecanismo microbiológico que trata en forma separada desde su origen, las aguas negras y las

²⁴ Medio.

jabonosas provenientes de la vivienda y de su equipamiento básico. Cuenta con una unidad productora de abono (UPA) la cual permite generar, mediante un procedimiento de sedimentación acelerada de las aguas negras, un lodo apto para la aerobiosis a partir, de un proceso anaeróbico. Dicho lodo es rociado al interior de una cámara biológica de descomposición aeróbica, sobre los desechos sólidos depositados diariamente, en condiciones ambientales que permiten la proliferación de la bacteria aeróbica en el interior de la cámara; ésta transforma el deshecho sólido en biofertilizante en forma de tierra seca. Al mismo tiempo, condiciones de temperatura, acidez, humedad y relación carbón-nitrógeno, eliminan paulatinamente agentes patógenos contenidos en el lodo sedimentado.

Los lixiviados²⁵ son evaporados por la acción de la energía solar generada mediante un colector solar que sirve de techo a la cámara misma; cabe la aclaración de que el proceso SIRDÓ no presenta las características físicas y bioquímicas de un proceso de compostaje: su conceptualización se basa en un secado cotidiano de capas de deshecho sólido rociado de lodo inóculo, que no exceden de cinco centímetros de espesor por día,

²⁵ La palabra lixiviado proviene de lixiviar, es decir, disolver en agua una sustancia alcalina.

distribuidas en toda la superficie de la cámara aeróbica. Por lo tanto, contrariamente a lo que acontece en una pila de compostaje, la diferencia de temperatura entre la superficie y la parte inferior de la masa en descomposición, no excede de 5° C; en la cámara no hay una pila de compostaje, sino una sobreposición de capas delgadas, secadas con una intensa radiación solar continua.

El agua remanente en el tanque de sedimentación, después de generar los lodos, pasa a una sedimentación secundaria y a una clarificación con tezontle y antracita²⁶; posteriormente, por una oxigenación natural y finalmente accede a un tanque de lirio acuático.

Por su parte, la unidad de tratamiento de aguas jabonosas se inicia con una retención de grasas y sólidos y sigue el proceso con una oxigenación natural del agua, antes de entrar a un filtro lento de acción biológica y mecánica, del tipo de flujo ascendente formado con arena y grava sílica de diversos gradientes. El efluente es oxigenado nuevamente antes de ser almacenado para su reutilización en riego de jardines y árboles frutales. Esta unidad

²⁶ Antracita: Carbón duro que tiene el mayor contenido de carbono fijo y el menor contenido de material volátil de todos los tipos de carbón.

permite reciclar aproximadamente el 70% del agua que entra en ella.



Capítulo 3:

“La Vivienda en México”.

En la tercer parte del trabajo de estudiarán los tipos de vivienda existentes en el país, así como las dificultades que algunas de ellas presentan para instalar con facilidad dispositivos ahorradores de agua; esto se hace con el fin de lograr seleccionar adecuadamente un tipo de vivienda que presente características de comodidad, accesibilidad por parte de la población, facilidad para su construcción y sobre todo, que cuente con una sencillez en su instalación hidráulica para poder instalar sin dificultad el sistema denominado "SIDRA". Éste se estudiará con detalle en la siguiente división del libro.

3.1 Distribución territorial de la población.

La Organización de las Naciones Unidas, clasifica el medio ambiente en dos categorías, natural y artificial. El tema central del medio ambiente artificial son los asentamientos humanos, entendidos como una obra colectiva de ingeniería civil que se desarrolla en el tiempo y el espacio.

Las estadísticas sobre los asentamientos en México que se presentan en este apartado tienen como contexto la distribución

regional de la población en el territorio nacional, pues los establecimientos humanos implican la ocupación de un territorio, la modificación de un paisaje y la implantación de un sistema artificial.

El grado de concentración de las actividades económicas y de población en el centro y occidente del país pone en peligro la disponibilidad del agua, sobre todo en la ZMCM, donde la demanda del líquido y su dispendio, ocasionan graves problemas de escasez. Otro efecto de la concentración económica y poblacional en la franja central del país se manifiesta en la expansión de los asentamientos humanos que han incrementado notablemente las áreas urbanas de las ciudades de México, Toluca, Puebla, León y Guadalajara sobre tierras de alta productividad agrícola y forestal.

3.2 Edificaciones e Infraestructura.

En 1992 las obras de ingeniería civil más sobresalientes, en cuanto al valor total de la producción en esta industria, fueron la edificación, el transporte, las obras de riego y el saneamiento. En el mismo año, el sector público dedicó el 43.6 por ciento de su

inversión al desarrollo urbano, agua potable y ecología, y el 9.5 por ciento a comunicaciones y transportes.

La producción de viviendas es la actividad más importante dentro de las obras de edificación, pero esto no se refleja en toda su magnitud en el valor generado por la industria de la construcción, ya que una proporción no cuantificable de viviendas es producida en autoconstrucción y por productores desligados de los promotores inmobiliarios reconocidos legalmente.

En el párrafo anterior se dijo que la construcción de viviendas es la actividad de mayor auge en la industria de la construcción, sin embargo existen varios tipos más de obras que resultan interesantes para esta tesis y es por eso que se mencionarán enseguida.

Las realizaciones de la ingeniería civil hechas en la república se clasifican de acuerdo al tipo de obra y en este caso los rubros que resultan de interés son:

1. Edificación.

- Vivienda unifamiliar.
- Vivienda multifamiliar.
- Escuelas.
- Edificios para oficinas y similares.
- Edificaciones comerciales y de servicios.
- Edificaciones industriales en general.
- Hospitales y clínicas.
- Edificaciones para recreación y esparcimiento.
- Obras auxiliares.

2. Agua, Riego y Saneamiento.

- Presas de todo tipo.

- Obras de riego.
- Perforación de pozos.
- Túneles.
- Sistemas de agua potable y conducción.
- Tanques de almacenamiento.
- Tratamiento de agua y saneamiento.
- Drenaje urbano.
- Obras auxiliares.

3.2 Parque Habitacional.

El XI Censo General de Población y Vivienda arrojó resultados que indican que el parque habitacional en el país está integrado por 16,183,310 viviendas particulares y 14,492 viviendas colectivas, habitadas por 80,889,977 y 359,668 ocupantes respectivamente.

A nivel estatal, el mayor crecimiento de los últimos 20 años se dio en el estado de Quintana Roo (9.6 por ciento) debido a que esta entidad fue creada por colonización a principio de los años setenta, así como por el auge del destino turístico de Cancún. En el resto de las entidades con asentamientos consolidados, el Estado de México aumentó su parque habitacional en 5.5 por ciento en promedio anual en el periodo que va desde 1970 hasta 1990. El crecimiento de esta región es consecuencia de la expansión del área urbana de la Ciudad de México sobre el territorio de los 27 municipios mexiquenses que en 1990 delimitan a la ZMCM; a su vez, este fenómeno explica en buena parte el lento crecimiento del Distrito Federal (0.3 por ciento) de la última década, modificándose así la tendencia de rápido crecimiento que se había mantenido desde la década de los cincuenta.

La mayoría de las ciudades mexicanas han crecido en forma horizontal abarcando enormes superficies ocupadas en un porcentaje mayor al 80 por ciento – 83.6 por ciento para ser exactos – por viviendas particulares conocidas como casas solas.

Los distintos tipos de vivienda que integran el parque habitacional se mencionan a continuación.

Clase de Vivienda	Viviendas Habitadas	Ocupantes
Casa sola	13,524,324	69,868,085
Departamento en edificio, casa en vecindad o cuarto de azotea	2,239,928	9,199,298
Vivienda móvil	9,046	38,415
Refugio	11,736	47,130
No especificado ²⁷	398,276	1,737,049
TOTAL	16,183,310	80,889,977

Cuadro 8. Clases de vivienda y ocupantes en México, 1990

FUENTE: INEGI, CARACTERÍSTICAS DE LAS VIVIENDAS, TABULADOS TEMÁTICOS, XI CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 1990, MÉXICO 1992.

La cuestión de la vivienda y en consecuencia del parque habitacional, no sólo es cosa de cantidad, sino de calidad. La calidad de la vivienda y el espacio disponible para sus habitantes puede evaluarse a través de la densidad de uso y del número de cuartos que tiene, además de las características de los materiales de construcción y de la disponibilidad de servicios tales como agua potable, drenaje y energía eléctrica. A su vez, la existencia

²⁷ El rubro de "No especificado" incluye 136,341 "Viviendas sin información de ocupantes" y una estimación de población de 409,023 habitantes correspondientes a estas viviendas.

de estos servicios dentro de la morada da cuenta indirecta de las características y cobertura de la infraestructura urbana en los asentamientos humanos.

Para contar con la mayor cantidad de información sobre el comportamiento y características del parque habitacional y por ende de sus usuarios, es decir, la población en general, se creó la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID). En términos generales, la encuesta se orientó a captar los niveles más recientes del comportamiento de la población mexicana además de que generó información sobre el volumen y características de la vivienda (excepto material en techos y paredes) existentes hacia finales de 1992. Los resultados muestran que en México existe un parque habitacional de 17 millones 781 mil 461 viviendas, lo cual implica un aumento de 1.7 millones de viviendas en comparación con los datos de 1990.

Otro aspecto registrado durante la ENADID fue la disponibilidad de espacio en las viviendas del país; la cifra mejoró entre 1990 y 1992 al aumentar el porcentaje de las viviendas que tienen cuatro y cinco cuartos (31.1 y 34 por ciento

respectivamente), mientras que las que tienen más de seis se comportaron de manera similar al aumentar de 11.2 y 13.3 por ciento.

En contraparte a estos aumentos, las viviendas con uno, dos, o tres cuartos, disminuyeron en 0.6 por ciento, al variar la cantidad de 2.7 a 1.5 puntos porcentuales en los años mencionados. Dato importante para la implantación y el desarrollo del SIDRA, es el arrojado por la ENADID en 1992, el cual indica que poco más del 78 por ciento de las viviendas tiene inodoro.

El Presidente Ernesto Zedillo dio a conocer durante su V Informe de Gobierno (1999), que el INFONAVIT asumió en Noviembre de 1998 el compromiso de financiar la construcción de 200 mil viviendas en un lapso de 18 meses, haciendo patente de esta forma el interés del Ejecutivo Nacional por mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos mexicanos por medio de la edificación de viviendas que continúen tomando las tendencias en cuanto a costo, materiales y espacio disponible antes mencionadas.

A simple vista se descubre que la construcción de vivienda

en condominio no es la pauta a seguir en nuestro país, ya que las casas de interés social con dimensiones que van desde los 60 m² y que tienen cuatro y cinco cuartos, son las que han cobrado una mayor importancia.

La construcción habitacional, principalmente urbana, ha sido financiada por diferentes programas públicos y privados, en los que el Estado ha apoyado, tanto a la producción formal asentada en fraccionamientos de interés social, como a la autoconstrucción a través de préstamos para la compra de materiales para construcción, o bien, para la adquisición de lotes urbanos. Estos programas de apoyo a los habitantes más necesitados han sido sumamente útiles, ya que en la actual situación que atraviesa el país, es casi imposible hacerse de un bien inmueble por mano propia; el éxito de los mismos, se ve reflejado en la proliferación de unidades habitacionales de interés social en zonas de alta densidad de población como pueden ser Ixtapaluca, Ecatepec, Cuautitlán, etc.

El fenómeno de la autoconstrucción y de la construcción de interés social no es únicamente detectado en zonas de alta densidad poblacional, ya que este tipo de desarrollos están siendo

generados a todo lo largo y ancho de nuestro país, en respuesta a las necesidades económicas de los habitantes.

Para tratar de unificar criterios en la construcción de viviendas y fomentar el ahorro del agua, ha sido creada la Ley General de Asentamientos Humanos que en el artículo 40, fracción segunda del capítulo quinto indica: "las normas de tecnología para la construcción de las viviendas deberán considerar: la utilización de ecotécnicas y de ingeniería ambiental aplicable a la vivienda, entre otros aspectos, deberá considerar la racionalización del uso del agua y sus sistemas de reutilización", siendo la realidad que los constructores únicamente se esfuerzan por utilizar muebles sanitarios con descarga de seis litros para contribuir con ello a la racionalización del agua.

3.4 Premio Templo del Sol.

El premio denominado "Templo del Sol" constituye un reconocimiento que el Fondo de Operación y Financiamiento Bancario a la Vivienda otorga anualmente a:

- Los mejores proyectos arquitectónicos y urbanísticos de vivienda unifamiliar o multifamiliar financiada por el FOVI.

- Las instituciones bancarias que más participaron con financiamientos a la vivienda, dentro del programa de subastas del FOVI.
- Los gobiernos estatales que establecieron más facilidades a la construcción de viviendas de interés social.

El "premio" se otorga evaluando de los proyectos arquitectónicos y urbanísticos factores tales como:

- Orientación, iluminación, ventilación y aislamiento térmico.
- Funcionamiento exterior.
- Estructura y materiales de construcción.
- Diseño exterior.
- Alineamiento urbano.
- Ecotécnicas (tratamiento y reciclaje de agua).

- Calidad del fraccionamiento.
- Uso de la tierra.
- Vialidad peatonal.

La pugna que se crea entre las constructoras por obtener este tipo de premios que, por supuesto se ven a parte gratificadas por la realización de la obra, ha generado tal cantidad de participantes a través de la última década, que ha llevado a un florecimiento a todo lo largo y ancho del país de fraccionamientos de interés social. Como muestra, es necesario mencionar que los estados de Querétaro, Sinaloa, Baja California, Sonora, Yucatán, Durango, Nayarit, México, Chihuahua, Zacatecas, Tlaxcala, Jalisco, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Aguascalientes, San Luis Potosí, Chiapas, D. F., Colima y Guanajuato ya disfrutaban de los beneficios que trae consigo el bienestar de su gente.

Es impresionante ver que 22 de los 32 estados de la república mexicana han sido virtualmente invadidos por los desarrollos urbanos de bajo costo; la cifra representa más del 68 por ciento de las entidades federativas del país.

Refiriéndonos nuevamente al premio "Templo del Sol de Palenque" mostraremos a continuación algunos desarrollos urbanos ganadores de dicho premio, puesto que éstos son prototipo de construcciones futuras en las que, debido a sus características constructivas se podrá instalar fácilmente el Sistema Doméstico de Reutilización de Agua.

3.4.1 Fraccionamiento Ganaderos I.

Este conjunto sobresalió por su diseño arquitectónico y por su sistema constructivo; refleja además, una búsqueda de identidad de lo arquitectónico con la imagen urbana local.

Se calificó el diseño arquitectónico que se adecuó al entorno urbano (el proyecto respeta las curvas de nivel), el área ofrecida, la futura ampliación que no alterará la futura fisonomía del conjunto y las ecotécnicas (aislamiento). Datos generales de la obra se muestran a continuación.

Año de consolidación: 1990

Ubicación: Zacatecas, Zac.

Agrupación: Dúplex unifamiliar.

Área construida: 65 m² con crecimiento futuro a 80 m².

Sistema constructivo: Muros y techos de block de adobe (geo-block).

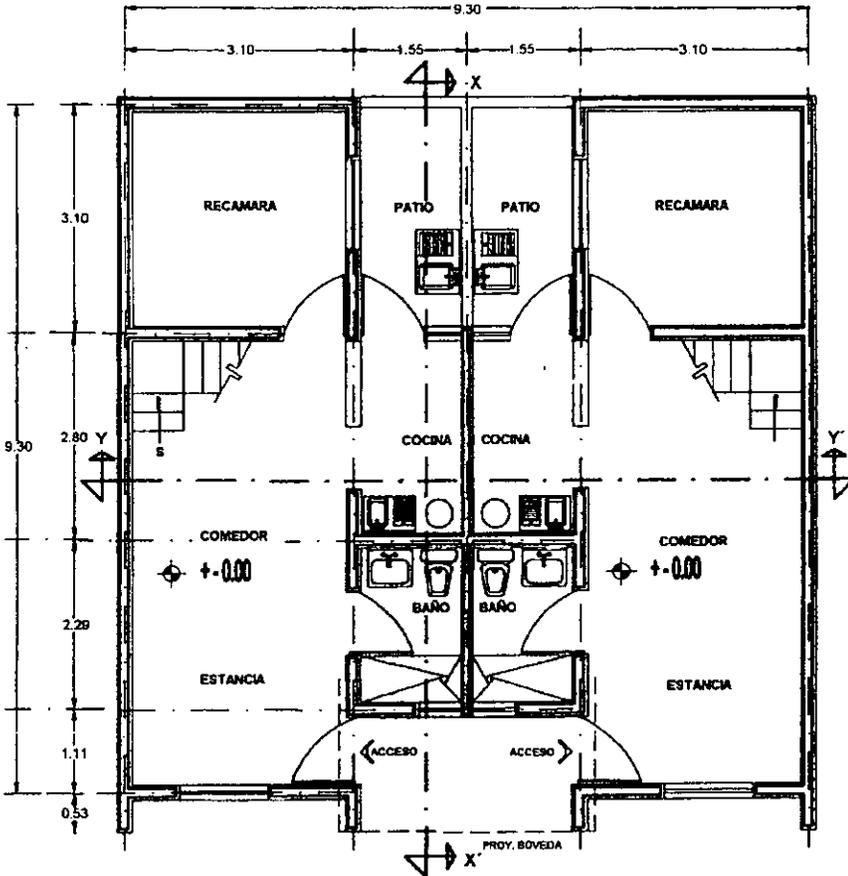


Fig. 19 Fraccionamiento Ganaderos I; planta baja.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

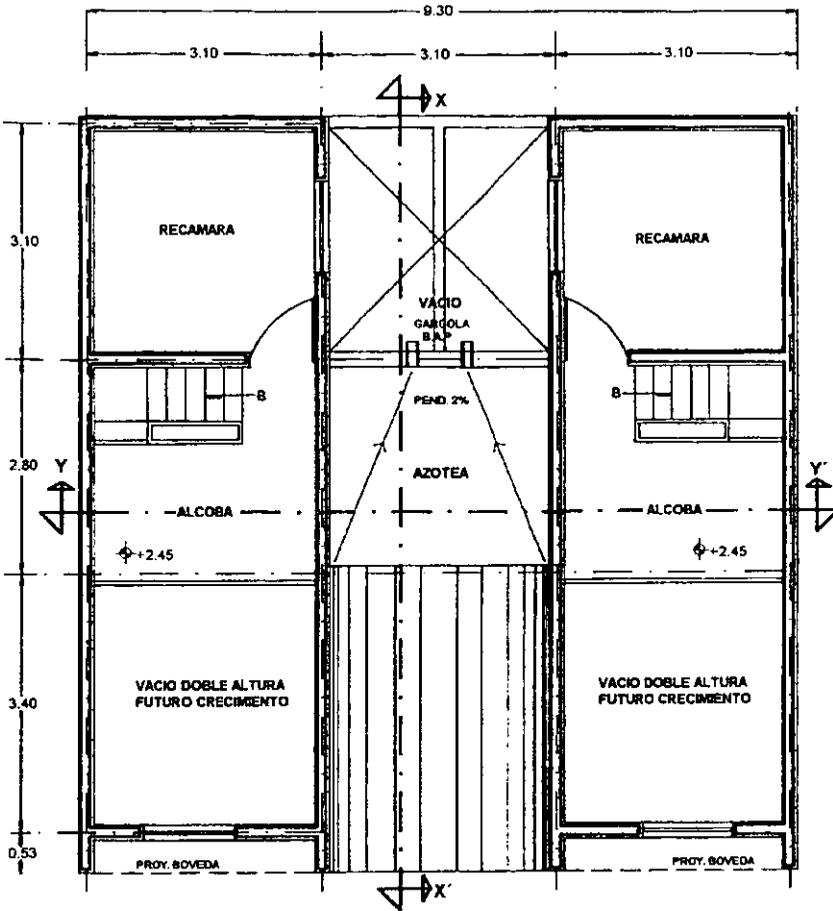


Fig. 19(continuación) Fraccionamiento Ganaderos I; planta alta.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

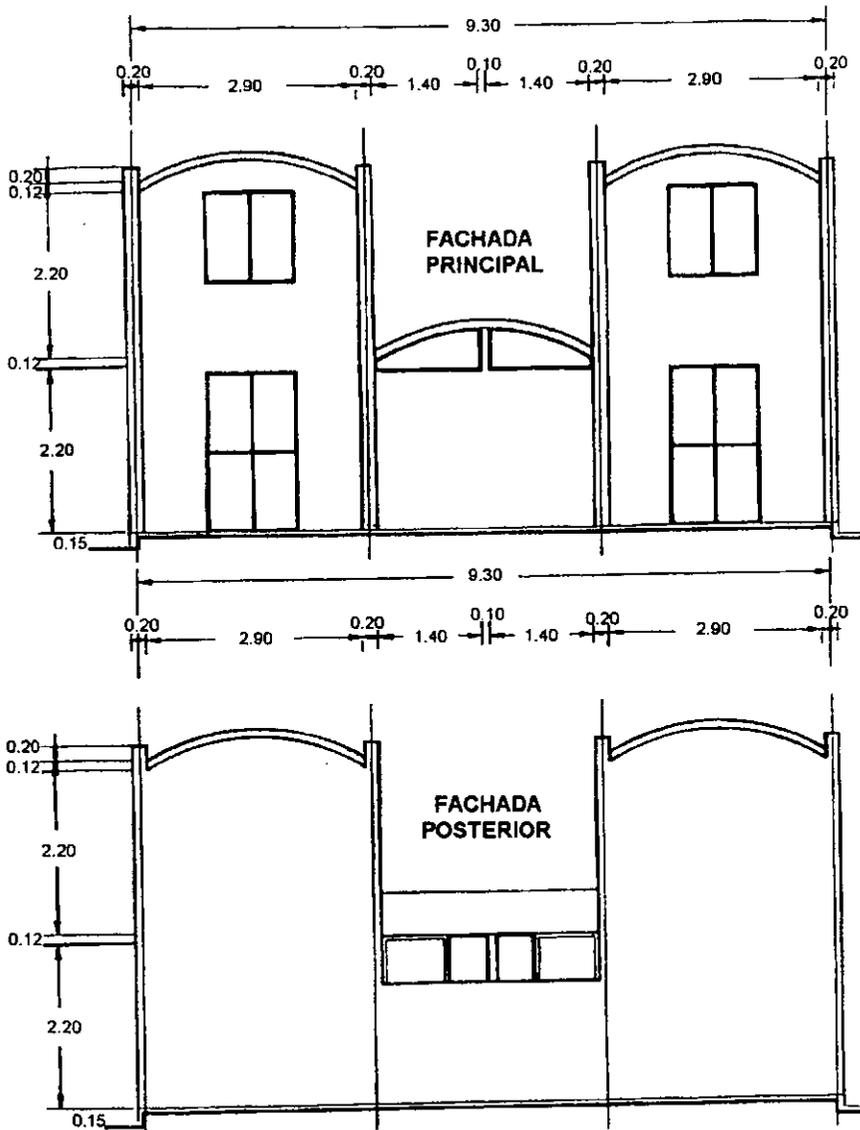


Fig. 19(continuación) Fraccionamiento Ganaderos I; fachadas.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

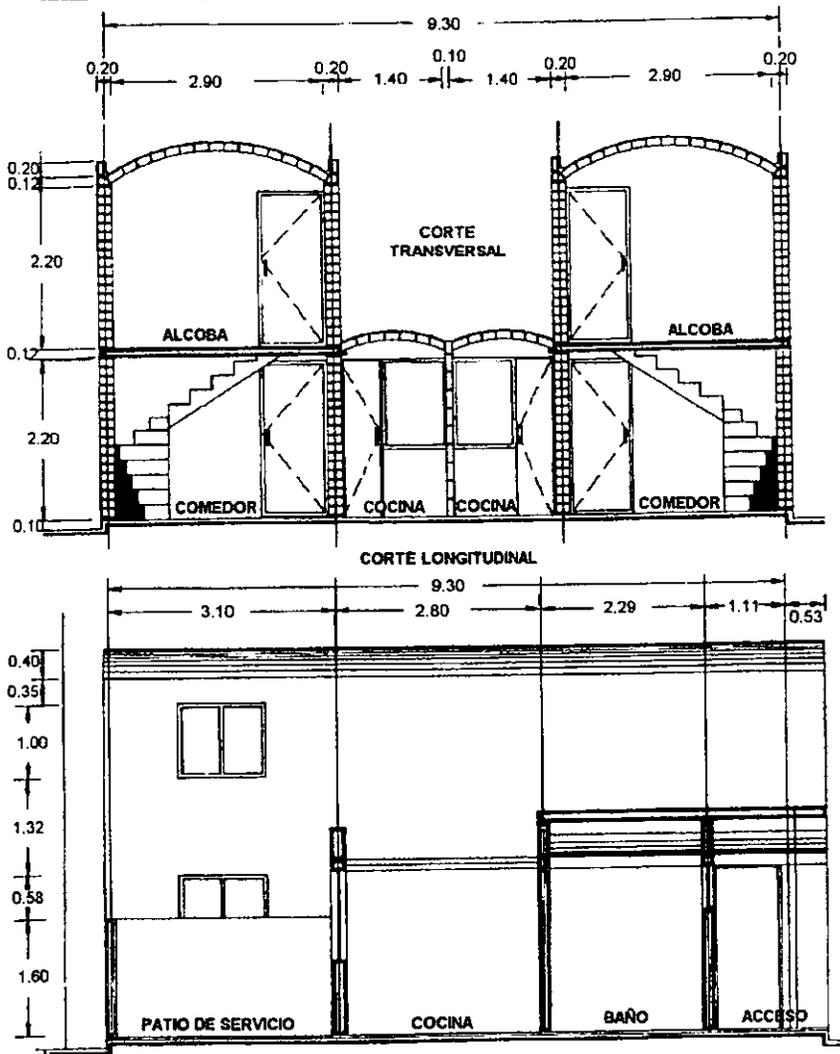


Fig. 19(continuación) Fraccionamiento Ganaderos I; cortes.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

3.4.2 Fraccionamiento "S. D. T. E. V. Coscomatepec".

Año de consolidación: 1990

Ubicación: Coscomatepec, Ver.

Agrupación: Unifamiliar (con crecimiento progresivo).

Área construida: inicia con 59 m² y concluye con 94 m².

3.4.3 Fraccionamiento "El Sauz".

Año de consolidación: 1992

Ubicación: San Luis Potosí, S. L. P.

Agrupación: Dúplex.

Área construida: 57.15 m².

Sistema constructivo: Tradicional, cimiento de concreto ciclópeo²⁸, muro de tabique rojo, entrepisos y azotea de concreto armado.

Las ilustraciones correspondientes se muestran en las páginas siguientes, recordando que pueden mostrar variaciones respecto de las figuras de otros proyectos por ser todos de diferentes constructores.

²⁸ Ciclópeo: Gigantesco.

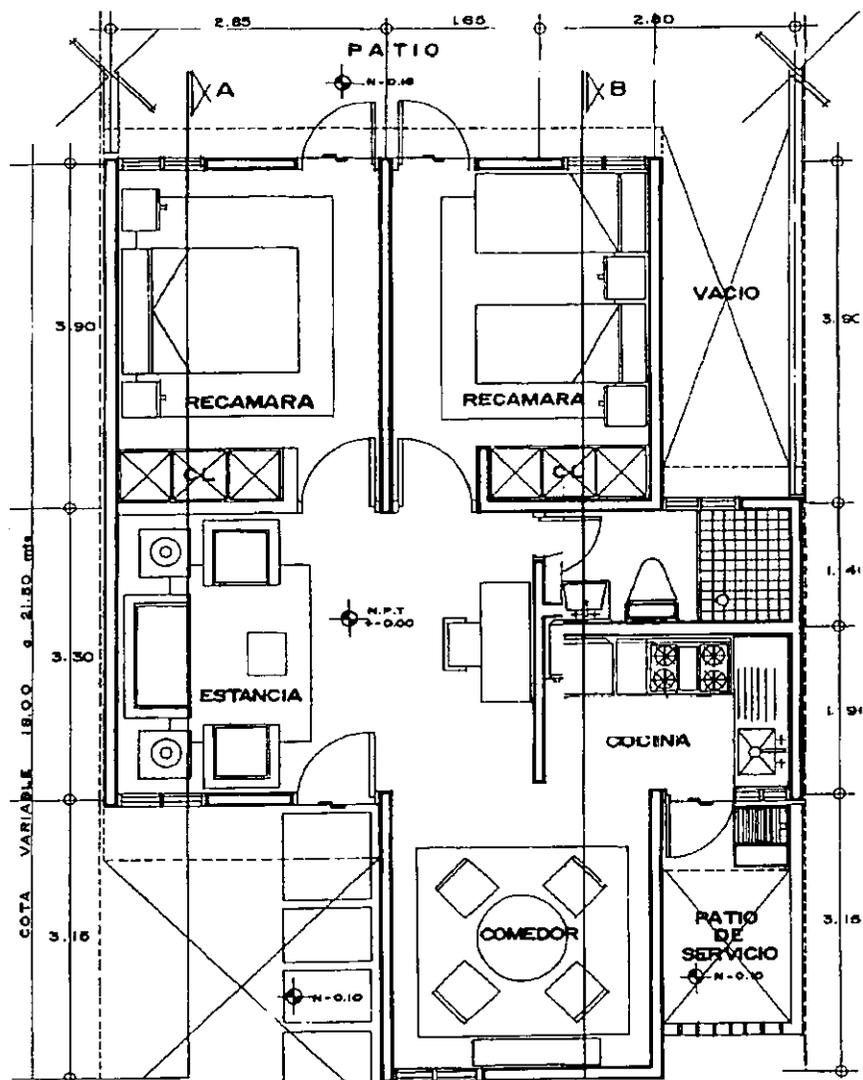


Fig. 20 S. D. T. E. V. Coscomatepec; planta arquitectónica.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

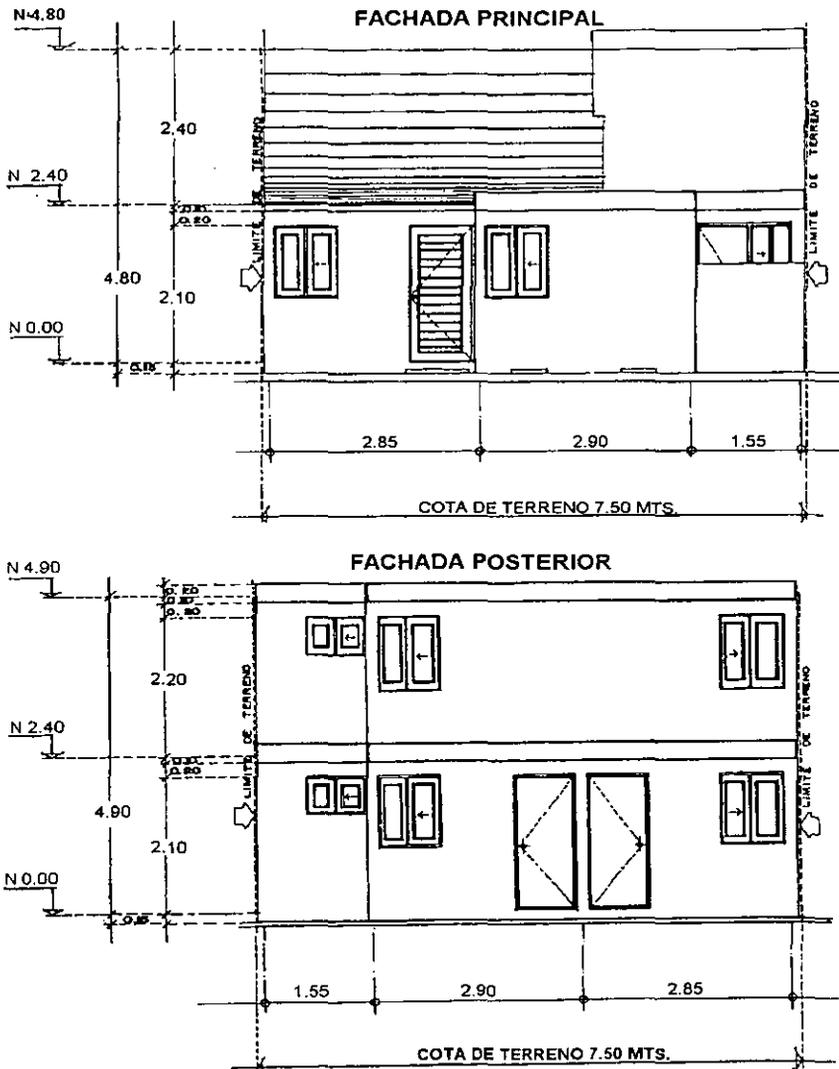


Fig. 20 (continuación) S. D. T. E. V. Coscomatepec; fachadas.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

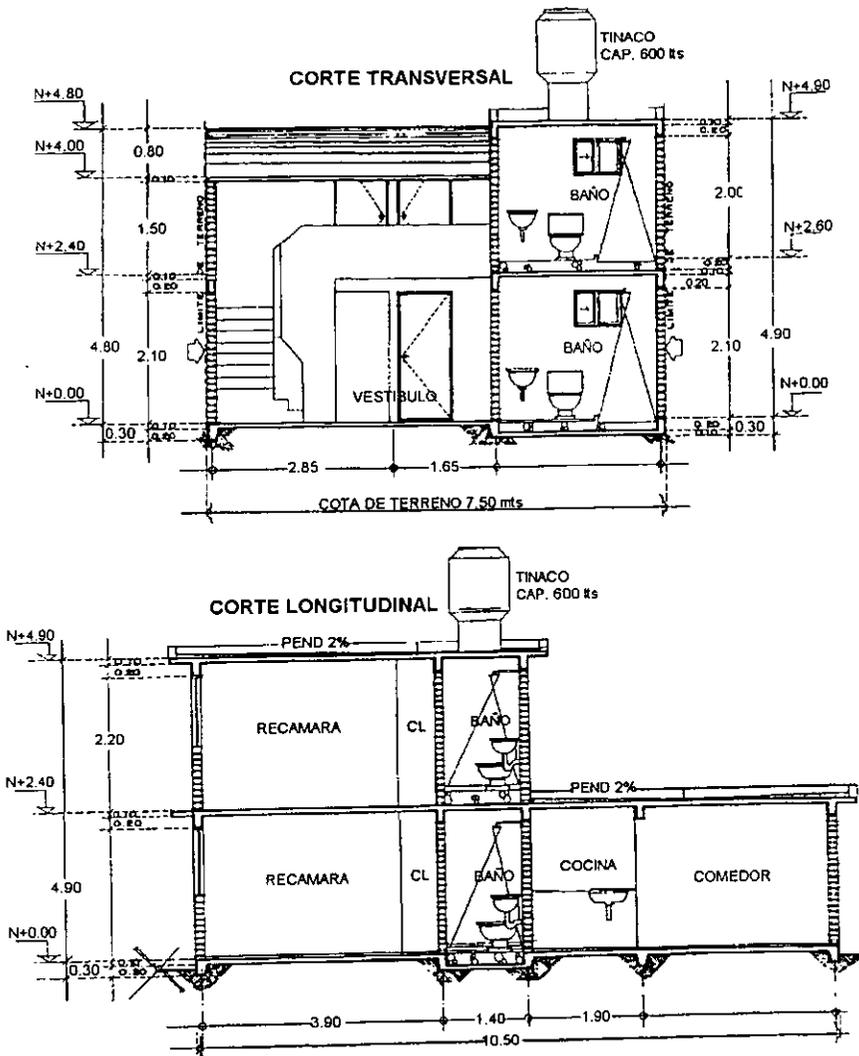


Fig. 20 (continuación) S. D. T. E. V. Coscomatepec; cortes.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

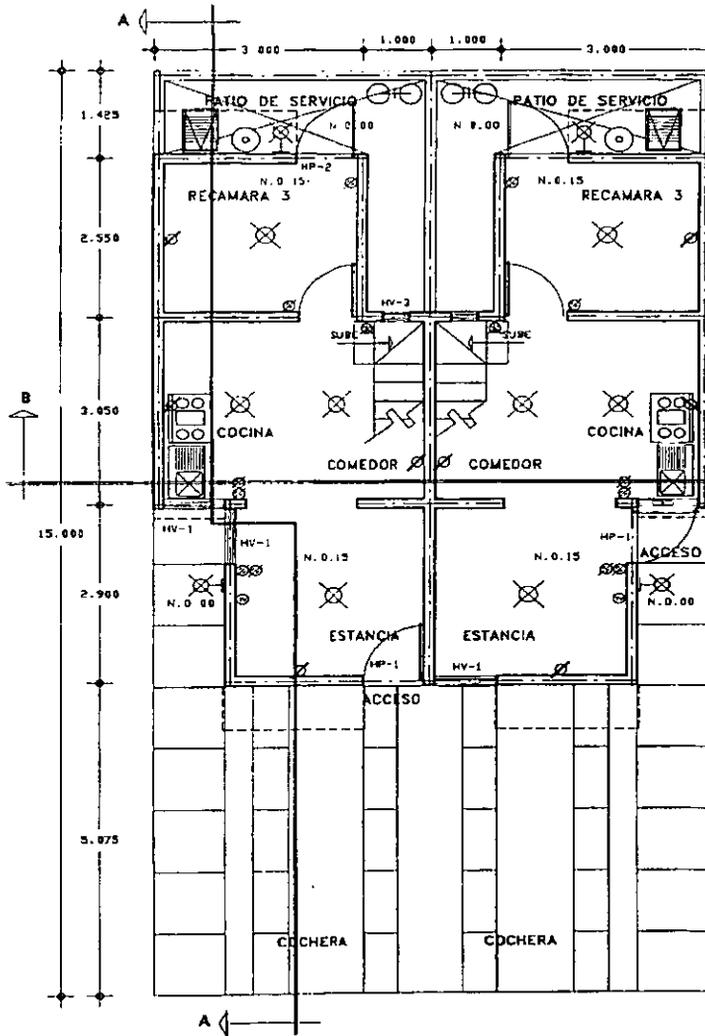


Fig. 21 El Sauz; planta baja.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

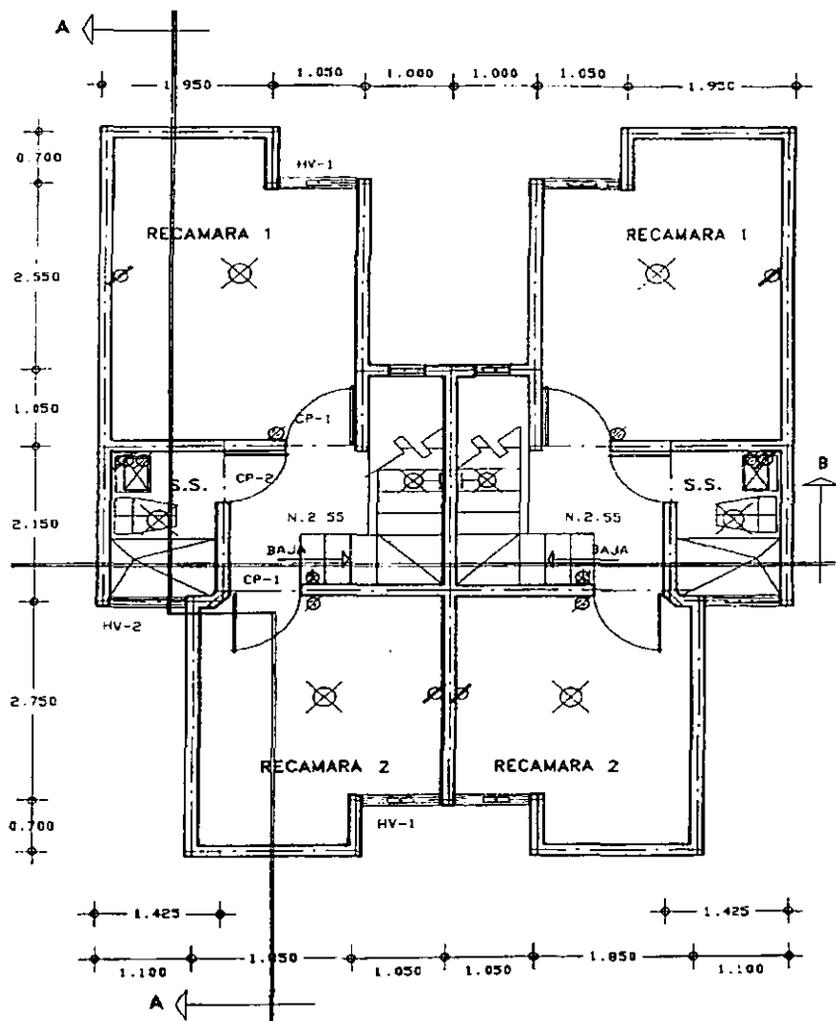
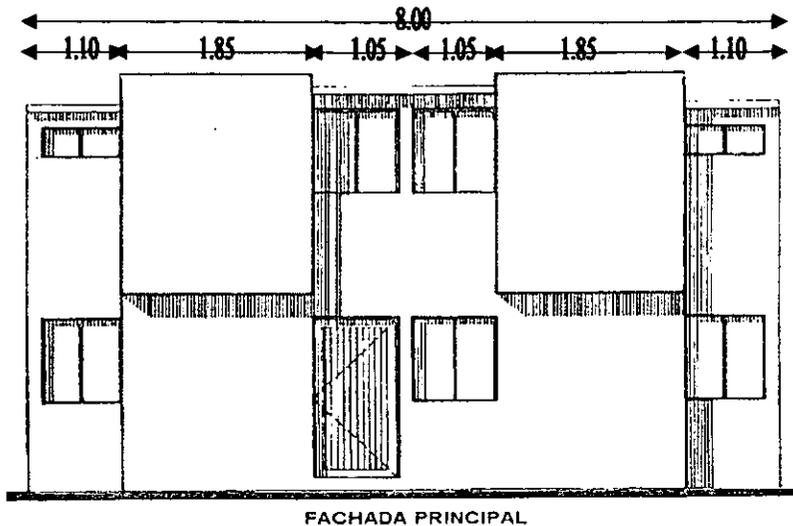
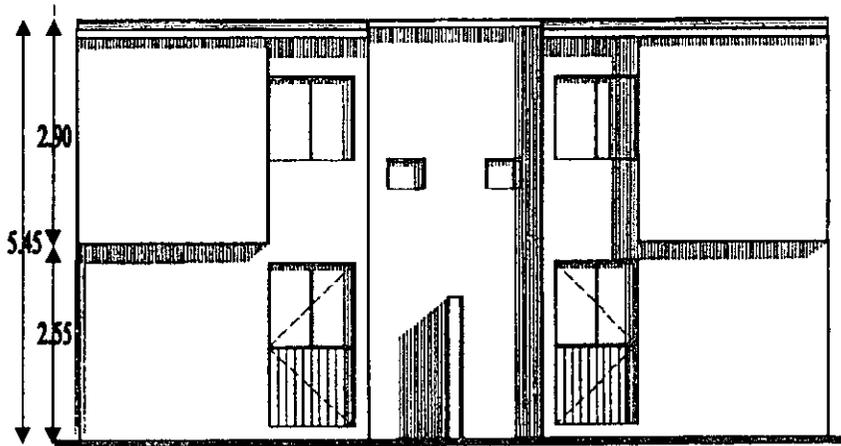


Fig. 21 (continuación) El Sauz; planta alta.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.



FACHADA PRINCIPAL



FACHADA POSTERIOR

Fig. 21 (continuación) El Sauz; fachadas.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.

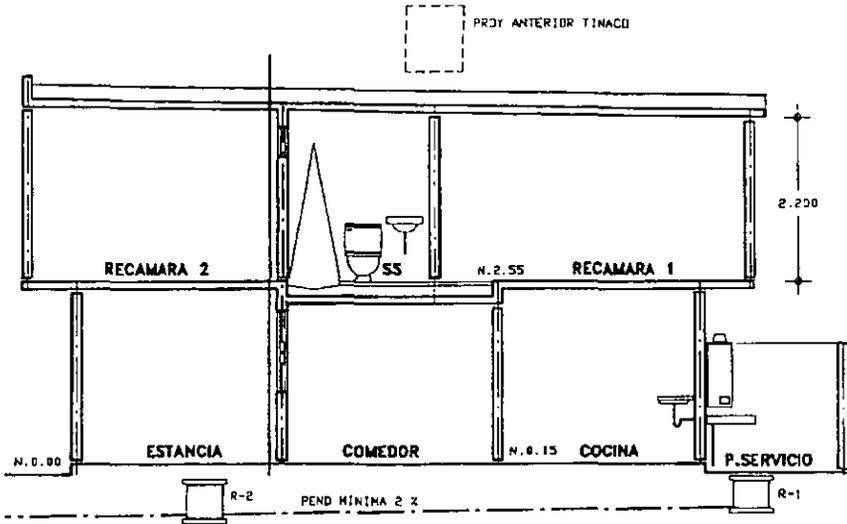


Fig. 21 (continuación) El Sauz; corte.

FUENTE: PREMIO TEMPLO DEL SOL DE PALENQUE, MEMORIA 1990-1994.



Capítulo 4:

“Sistema Doméstico de Reutilización de Agua, Descripción y Distribución”.

En la actualidad todo el mundo habla de ecología, medio ambiente, población, y además, conoce los términos tales como degradación, polución, etc.

Otro concepto ampliamente difundido es el de edificio o casa inteligente; los inmuebles considerados dentro de tal categoría son aquellos en cuyo diseño se contemplan aspectos como son seguridad, iluminación, temperatura, entretenimiento y comunicaciones entre otros. Las áreas mencionadas antes, son controladas completamente de manera electrónica, ya sea por reconocimiento de voz o a través de la simple presión en un tablero de control.

Es curioso que en las casas "inteligentes", en cuya construcción se hace un alarde tecnológico y económico impresionante no se haya considerado algún tipo de instalación hidráulica capaz de contribuir a la reducción de consumo de agua.

Así pues, surge el Sistema Doméstico de Reutilización de Agua, que sin ser exclusivo de casa ecológicas o inteligentes, representa una alternativa viable para el tipo de viviendas predominantes de el país.

4.1 Definición del SIDRA.

El SIDRA está considerado como una instalación hidráulica ya que ésta es el conjunto de tinacos, tanques elevados, cisternas, tuberías de succión, descarga y distribución, válvulas de control, válvulas de servicio, bombas, equipos de bombeo, de suavización, generadores de agua caliente y de vapor, necesarios para proporcionar agua fría, agua caliente, vapor en casos específicos, a los muebles sanitarios, hidrantes y demás servicios especiales de una edificación.

El "sistema" también podría decirse que forma parte de la instalación sanitaria, ya que la modifica ligeramente. Esto se pone de manifiesto al decir que una instalación sanitaria es el conjunto de tuberías de conducción, conexiones, obturadores hidráulicos en general como son las trampas²⁹ tipo "P", tipo "S", los sifones, los céspoles, las coladeras, etc., necesarios para la evacuación, obturación y ventilación de las aguas negras y pluviales de una edificación.

²⁹ El céspol o trampa para lavabos, fregaderos y pilas de lavandería, donde la vista inferior es importante, debe ser de bronce cromado. Se usan trampas en forma de "P" para ramales que salen de la pared y en forma de "S" para ramales que salen del piso. La trampa está formada por dos piezas de manera que pueda desviarse hacia los lados para ajustarla a diferentes alineaciones de la tubería de descarga del aparato.

Existen diferentes sistemas de abastecimiento de agua fría de acuerdo a la reglamentación y disposiciones sanitarias vigentes. Se cuenta con un sistema de abastecimiento directo, cuando la alimentación de agua fría a los muebles sanitarios de las edificaciones se hace en forma directa de la red municipal sin estar de por medio tinacos de almacenamiento, tanques elevados, etc.

Cuando la distribución de agua fría se realiza a partir de tinacos o tanques elevados, localizados en las azoteas de las edificaciones o por medio de tinacos o tanques regularizadores construidos en terrenos elevados para servir de forma general a la población, se dice que se tiene un sistema de abastecimiento por gravedad.

Se adopta un sistema combinado (por presión y por gravedad), cuando la presión que se tiene en la red general para el abastecimiento de agua fría no es suficiente para que llegue a los tinacos o tanques elevados; por lo tanto, hay necesidad de construir en forma particular cisternas o instalar tanques de almacenamiento en la parte baja de las construcciones.

A partir de los depósitos de agua colocados en la parte baja de las construcciones, por medio de un sistema auxiliar (una o más bombas), se eleva el agua hasta los tinacos o tanques elevados, para que desde éstos, se realice la distribución del agua por gravedad a los diferentes niveles y muebles en forma particular o general según el tipo de instalación y servicio que se requiera.

Cuando la distribución del agua fría ya es por gravedad, es necesario para el correcto funcionamiento de los muebles, que el fondo del tinaco o tanque elevado se encuentre como mínimo a dos metros* sobre la salida más alta que en todos los casos resulta ser el brazo de la regadera del máximo nivel.

El sistema de abastecimiento por presión es complejo y dependiendo de las características de las edificaciones, tipo de servicio, volumen de agua requerido, presiones, simultaneidad de servicios, número de niveles, número de muebles y características de los mismos, puede ser proporcionado por un equipo hidroneumático o bien, por un equipo de bombeo programado.

* "Manual Práctico de Plomería y Calefacción", página 57, Day Richard, C. E. C. S. A., 1988.

El mecanismo ahorrador, objeto principal de dicho trabajo, consiste en la captación del efluente de la regadera principalmente; para su posterior reutilización en los tanques de descarga de los inodoros. El arreglo posee la capacidad de poder adecuarse a mayores necesidades de consumo adaptando también al sistema las salidas de los lavamanos, lavaderos y lavadoras.

Una ventaja adicional es que el SIDRA está dirigido a la vivienda de interés social en cualquiera de sus modalidades (unifamiliar o dúplex); este tipo de vivienda es la que presenta menores dificultades en el funcionamiento del sistema de abastecimiento combinado, ya que a diferencia de los edificios de considerable altura, en las casas de interés social, no se presentan presiones del agua reducidas en los niveles superiores.

Una vez seleccionado el sistema de abastecimiento de la vivienda, es imprescindible determinar la cantidad de agua que ha de consumirse de acuerdo al tipo de construcción, servicio que debe prestar, además de considerar el número de muebles que puedan o deban trabajar simultáneamente.

En la terminología de las instalaciones hidráulicas, la cantidad mencionada se conoce como dotación. El valor de la dotación es dado en litros por persona e incluye la cantidad promedio de agua diaria necesaria para el aseo personal, preparación de alimentos y demás necesidades.

Dotaciones prácticas, estimadas con anterioridad indican que para habitaciones en zonas rurales el valor equivale a 85 litros por persona por día; en habitaciones de tipo popular y de interés social dentro del Distrito Federal, las cantidades son 150 y 200 litros por persona por día respectivamente.

Para calcular de manera más efectiva la dotación, se tomarán en cuenta también los valores mostrados en el primer capítulo del presente ejemplar.

Los datos obtenidos con anterioridad, indican que los habitantes del D. F. Consumen en promedio 303 litros al día, mientras que para el Estado de México, la cifra se reduce a 198 litros diarios.

Así pues, al realizar un simple promedio de todas las cantidades mencionadas, tenemos que la dotación que servirá como base para los cálculos del dispositivo es de:

El resultado se obtuvo como se muestra a continuación:

$$D. F. = 150 + 200 + 303 = 653/3 = 217.66 \text{ lpd}^{30}$$

Sumando este resultado a las cantidades correspondientes a viviendas rurales y en el Estado de México (85 y 198), se tiene un promedio de 166.88 lpd. Para facilidad de cálculos se considerará el valor de 167 litros como dotación promedio.

Antes de proceder con los cálculos necesarios para la concepción final del SIDRA, se describirá en forma más detallada el sistema.

El arreglo hidráulico se compone además de las tuberías necesarias para la reutilización del líquido, de una cisterna, un equipo de bombeo, un tinaco y de manera opcional un interceptor

³⁰ Lpd: Litros por persona por día.

de grasa; la inclusión de este último dispositivo se deriva del deseo de mejorar la calidad del agua que será utilizada.

Un diagrama de funcionamiento se muestra enseguida:

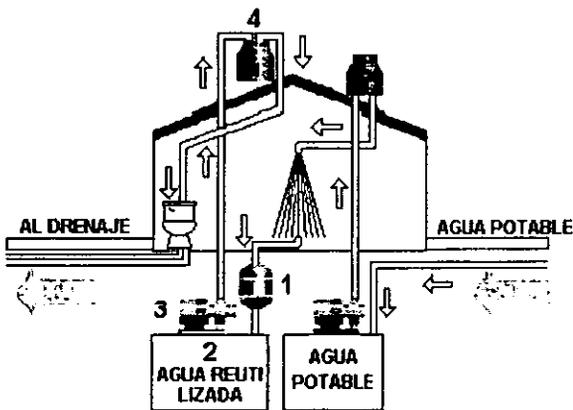


Fig. 22 Esquema funcional del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua.

Las partes numeradas en el esquema son: 1) separador de grasa, 2) cisterna, 3) equipo de bombeo y 4) tinaco o tanque elevado.

4.2 Tinacos.

Para continuar con el diseño del sistema es necesario conocer la capacidad de los tinacos. Los tinacos para almacenamiento de agua y distribución de esta por gravedad, como puede constatarse por simple observación son de materiales, formas y capacidades diversas, por lo tanto, para obviar tiempo y espacio, aquí se indican los de uso más frecuente.

Es importante mencionar que en la actualidad la mayor parte de los tinacos son construidos en polietileno de alta densidad, sin embargo las formas y capacidades se siguen usando de la manera siguiente:

Verticales sin patas: 200, 400, 600 y 1100 litros.

Verticales con patas: 200, 300, 400, 600, 700, 800, 1100 y 1200
litros.

Verticales cuadrados: 400, 600 y 1100 litros.

Horizontales: 400, 700, 1100 y 1600 litros.

Trapezoidales: 600 y 1100 litros.

Esféricos (asb-c): 1600, 2500 y 3000 litros.

Esféricos (fibra de vidrio): 400, 600 y 1100 litros.

La capacidad en litros de los tinacos o tanques elevados, es de acuerdo al valor de la dotación asignada y al número de personas calculado en forma aproximada de acuerdo al criterio siguiente:

Para una recámara: $1 * 2 + 1 = 3$ personas

Para dos recámaras: $2 * 2 + 1 = 5$ personas

Para tres recámaras: $3 * 2 + 1 = 7$ personas

El caso que se expone involucra una dotación de 167 litros además de cinco habitantes; debido a que la mayor parte de las casas de interés social cuentan con dos recámaras. La capacidad resultante del tinaco equivale a 835 litros; la capacidad comercial

que ajusta a la requerida de 800 litros y el tinaco a seleccionar es de la forma vertical con patas.

Se deben hacer notar varias cosas; la primera es que en la práctica, los constructores de viviendas de interés social emplean en su mayoría tinacos de fibra de vidrio con capacidad de 600 litros; por otra parte, cabe mencionar que los datos sobre los tinacos que se han proporcionado son únicamente de referencia, ya que el SIDRA no es una instalación de suministro de agua fría y por lo tanto, las dimensiones o cálculos para su concepción se hacen partiendo de los usos específicos que se le dan al agua dentro de la vivienda; por lo cual, se procederá a la evaluación de los datos pertinentes.

El objetivo principal del sistema es incrementar la eficiencia en el uso del agua, logrando con ello un beneficio tanto ecológico como económico. La alternativa prioritaria es evitar el consumo de agua limpia en la descarga de los inodoros existentes en la habitación. Datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua y otros organismos similares, revelan que el porcentaje usado para el arrastre de desechos en los hogares mexicanos,

equivale el 35 % del consumo total.

En los domicilios que cuentan con jardines puede consumirse hasta el 50% del agua en uso exterior y el restante en usos interiores. Se dice que dentro del uso interior corresponde a las regaderas el 30%, un 20% a las lavadoras de ropa, entre un 3 a un 10% en las llaves de fregaderos y lavabos, 5% en las lavadoras de trastos.

Se debe tomar en cuenta para el diseño del SIDRA la capacidad económica de los habitantes de los hogares de interés social; por tal motivo, se descartará el uso de las lavadoras de trastos y de ropa incrementando con ello el porcentaje correspondiente al consumo de lavabos y fregaderos hasta alcanzar la cifra de 35%.

Las cantidades resultantes del consumo de agua en las que se centran las calculaciones para el diseño son: 35% en descarga de inodoros, 35% correspondientes al rubro de lavabos y fregaderos y 30% relativo a las regaderas.

En base al cálculo realizado previamente, se tiene que el consumo para la casa-habitación es de 835 litros diarios; el objetivo del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua es reducir el consumo en un 35% como mínimo. Dicho porcentaje equivale al agua empleada en la descarga de los retretes y representa 292.25 litros al día.

La nueva "dotación" para la casa, determinará ahora la capacidad del tinaco que se utilizará en el diseño de nuestro arreglo. Existen en el mercado capacidades de tinacos que van desde los 200 hasta los 1100 litros dependiendo de la forma, ajustándose a la necesidad, los tinacos de forma vertical con o sin patas con volúmenes de 300 y 400 litros respectivamente. Este pequeño margen en el contenido del tanque elevado, se debe a la gran versatilidad del sistema, ya que al incorporar las salidas de los fregaderos y lavamanos a la de las regaderas, la capacidad del sistema se ve incrementada.

En la imagen de la página siguiente, se muestra el tinaco seleccionado y se mencionan algunas de sus principales características.



Fig. 23 Tinaco empleado en el SIDRA.

El tinaco utilizado en el sistema está fabricado con las mejores materias primas disponibles en el mercado, es de una sola pieza y está construido en polietileno de alta densidad cosa que garantiza su excelente calidad y la más alta resistencia; su exclusivo diseño tiene cinturones y hombros superiores de alta resistencia que dan como resultado los tinacos más resistentes del mercado.

Cuenta en su formulación con aditivos que lo protegen contra los efectos de los rayos ultravioleta proporcionando así una vida útil muy prolongada además de que tienen tapa rosca de una

sola pieza la cual no necesita elementos metálicos para su ensamblaje y garantiza un perfecto ajuste.

El color negro exterior de los tinacos evita el paso de luz y por consiguiente la formación de lama; tienen paredes lisas que facilitan su limpieza y evitan la acumulación de gérmenes nocivos para la salud. Tienen además conexión integrada al cuerpo lo cual impide fugas y garantiza su ideal funcionamiento; como ventaja adicional, los tinacos poseen una vida útil de 37 años en exposición directa.

Las características físicas del tinaco se describen enseguida:

CLAVE	CAPACIDAD	DIÁMETRO	ALTURA	PESO
PLA-3	450 lts	87cm	103cm	12.5 kg

4.3 Cisterna.

Otro receptáculo de agua importante en la construcción del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua es la cisterna. Para realizar en forma práctica el diseño de una cisterna sencilla, es necesario tener presente lo que establecen los reglamentos y demás disposiciones sanitarias en vigor, pues es importante evitar en lo posible la contaminación del agua almacenada, a base de una construcción impermeable y de establecer distancias mínimas de dicho sistema a los linderos³¹ más próximos, a las bajadas de aguas negras y con respecto a los albañales, además de considerar otras condiciones impuestas por las características y dimensiones del terreno disponible, el volumen de agua requerido o por otras condiciones generales o particulares en cada caso.

Las distancias mínimas recomendables en la construcción de una cisterna son: al lindero más próximo un metro, al albañal tres metros, a las bajadas de aguas negras tres metros; dicha distancia puede reducirse hasta sesenta centímetros cuando la evacuación de las mismas es en tubo de hierro fundido, conocido también como hierro centrifugado.

³¹ Lindero: Que linda, limitrofe. || Linde. || Limite o línea divisoria entre un terreno y otro.

Consideraciones adicionales en la construcción de la cisterna son : el volumen total del agua por almacenar , considerando además de la dotación una cantidad en litros igual o ligeramente menor, como reserva por persona para poder aplicarla en casos de falla en el sistema de abastecimiento, así como también las dimensiones del terreno disponible.

Existe en la actualidad una alternativa sumamente factible para evitar la construcción de una cisterna de concreto; una cisterna de polietileno de alta densidad, cuyas características se manifiestan enseguida.

Las cisternas de polietileno de alta densidad son las más modernas y económicas; son 100% rotomoldeadas y de una sola pieza, vienen a resolver los problemas de escasez de agua en forma rápida segura y económica, evitando los altos costos de diseño, albañilería que requiere la construcción de una cisterna de concreto. Tienen tapa rosca de una sola pieza, cuyo perfecto ajuste y hermetismo impiden el paso de cualquier impureza al interior de la cisterna.

En el caso específico de un "sistema" para casa de dos habitaciones, la cisterna se calcula para cinco* personas con una dotación en la casa de 292.25 litros; es decir:

$$\text{Volumen} = 5 * 58.45 = 292.25 \text{ litros}$$

Donde:

Número de personas = 5

Porcentaje de dotación por almacenar (35%) = 58.45

Para prevenir deficiencia en el suministro, el volumen calculado se duplica, es decir, el volumen para el cálculo final queda en 584.5 litros. Para incrementar la facilidad de cálculo y la fiabilidad del sistema, la cantidad anterior se fija a 600 litros, equivalentes a 0.6 m^3 .

En la construcción de la cisterna deben considerarse piso y muros de concreto con doble armado de 20 cm de espesor, sin

* Se toma la cantidad de cinco personas como base para el cálculo, porque ése es el número promedio de habitantes de casas de interés social en la república mexicana.

**"Manual Práctico de Plomería y Calefacción", página 73, Day Richard, C. E. C. S. A., 1988.

olvidar que para cisternas de poco volumen, en consecuencia de profundidades que no rebasen los dos metros, la altura del agua debe ocupar como máximo las tres cuartas partes de la cisterna.

Otra forma de cálculo se hace en forma directa al volumen requerido y enterrando más la cisterna, para dejar de 40 a 50 cm entre el nivel libre del agua y la parte baja de la losa que la cubre, para lograr así, una correcta operación y manejo de los controles.

Considerando que el agua debe alcanzar $\frac{3}{4}$ de la altura total de la cisterna, se tomará en cuenta una altura total de 80 cm, ya que el volumen por captar equivale a 0.6m^3 . La forma y medidas finales del aljibe³² se muestran en la figura siguiente.

La localización dentro del terreno debe considerar las cotas mencionadas con anterioridad (página 156) y adaptarse a las medidas del terreno; como ejemplo ilustrativo, se consideró el lote tipo de 45.45 m^2 del fraccionamiento "Ganaderos I" . (Fig. 19).

³² Aljibe: Cisterna para el agua llovediza o de cualquier otra procedencia.

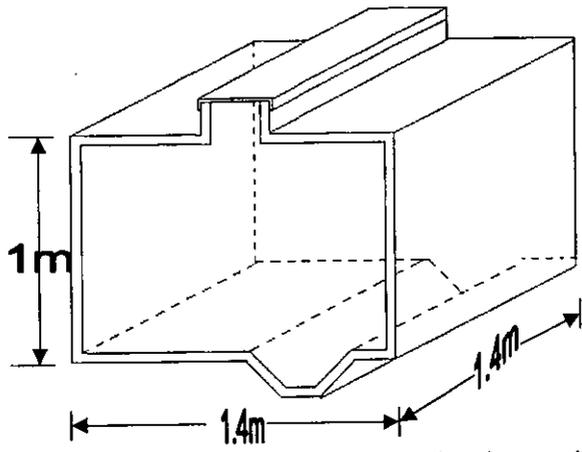


Fig. 24 Cisterna de base cuadrada empleada en el SIDRA .

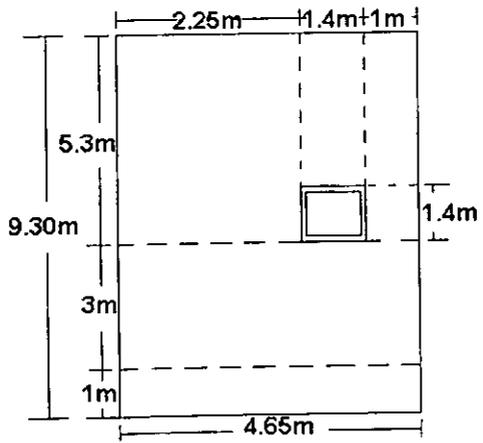


Fig. 25 Localización de cisterna en lote tipo.

4.4 Equipo de Bombeo.

En la figura 24, el esquema mostraba cuatro componentes básicos del mecanismo de reutilización de agua; hasta ahora se han estudiado dos de ellos, la cisterna y el tinaco o tanque elevado. En adelante, la atención se posará en el equipo de bombeo y el separador de grasa.

Todas las partes empleadas en el mecanismo ahorrador desarrollado, son de uso estandarizado o común; la bomba o equipo de bombeo, no podía ser la excepción.

La potencia de dicho elemento se calcula en base a la altura a la cual se requiere bombear el agua. Regularmente las dimensiones de las casas de interés social no superan los seis metros de altura, por ello la bomba a usar, deberá ser de 0.25 HP de potencia a 115/220 voltios.

Las características constructivas del equipo, capacidades, tipo de mantenimiento y otras características esenciales del mismo, se describirán en páginas posteriores. Las conexiones

indispensables para su instalación y correcto funcionamiento dentro de la vivienda, se muestran enseguida.

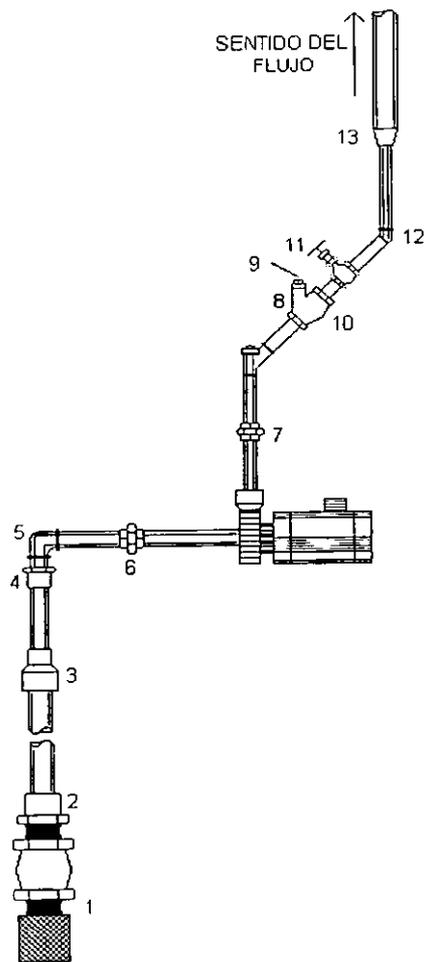


Fig. 26 Instalación de una bomba para cisterna sencilla.

Los componentes del diagrama anterior son:

1. Pichancha Check $\varnothing 38$.
2. Conector de cobre cuerda exterior $\varnothing 38$.
3. Reducción campana de cobre $\varnothing 38 \times \varnothing 25$.
4. Conector de cobre cuerda exterior $\varnothing 25$.
5. Codo galvanizado $\varnothing 25 \times 90^\circ$.
6. Tuerca unión galvanizada $\varnothing 25$.
7. Tuerca unión galvanizada $\varnothing 19$.
8. "Y" griega galvanizada $\varnothing 19$.
9. Tapón macho galvanizado $\varnothing 19$.
10. Válvula Check columpio $\varnothing 19$.
11. Válvula compuerta roscada $\varnothing 19$.
12. Codo galvanizado $\varnothing 19 \times 45^\circ$.
13. Reducción de campana galvanizada $\varnothing 25 \times \varnothing 19$.

Todos los niples roscados son galvanizados de diez centímetros de largo, excepto el que va entre la válvula compuerta y la válvula Check columpio, que normalmente se instala de cuerda corrida.

La bomba que se utilizará en el diseño es de la marca VALSI, SERIES MD. La marca o modelo del equipo de bombeo es casi irrelevante, ya que todos ellos se construyen en base a medidas y características estándar.

4.4.1 Características Generales.

Las bombas VALSI son diseñadas para trabajar bajo las más estrictas condiciones de operación, además de ser compactas, ligeras y confiables.

Los modelos que van desde $\frac{1}{4}$ a 2 HP son de alta presión y tienen motores para trabajo pesado; generan además un bajo consumo de energía eléctrica y proporcionan entregas de hasta 36 m de presión y flujos de hasta 300 LPM; datos del fabricante. Las motobombas centrífugas incluyen un impulsor de Noryl[®] con fibra de vidrio para asegurar alta resistencia a la corrosión, operación silenciosa y sobre todo, agua libre de plomo.

La construcción del equipo es base de hierro gris de grano cerrado para lograr una mayor durabilidad y un acabado superior.

Como ventajas adicionales, las motobombas cuentan con retén en "U" que virtualmente elimina la recirculación de agua y asegura una máxima eficiencia y flujo; consideran un sello mecánico de cerámica y acero inoxidable el cual es lubricado por agua, asegura un sellado sin fugas. Un aspecto importante es el fácil mantenimiento de dichos equipos debido a su diseño de desmontado frontal.

4.4.2 Características Técnicas.

Material.

Cuerpo: Fierro Fundido.

Impulsor: Compuesto (Noryl⁰ - Fibra de Vidrio).

Sello Mecánico: Bakelita / Cerámica / Acero Inoxidable.

Retén: Aleación Termoplástica.

Bomba.

Tipo de Bomba: Centrífuga.

Tipo de Impulsor: Cerrado.

Tipo de descarga: Central.

Sello de Tapa: O – Ring.

Temp. Máx. de Operación: 70° C.

Diámetro de Succión: 1 pulgada.

Diámetro de Descarga: 1 pulgada.

Motor.

Tipo: Eléctrico Monofásico.

Voltaje: 115 / 220 V.

Frecuencia: 60 Hz.

Velocidad: 3450 R.P.M.

Número de fases: 1.

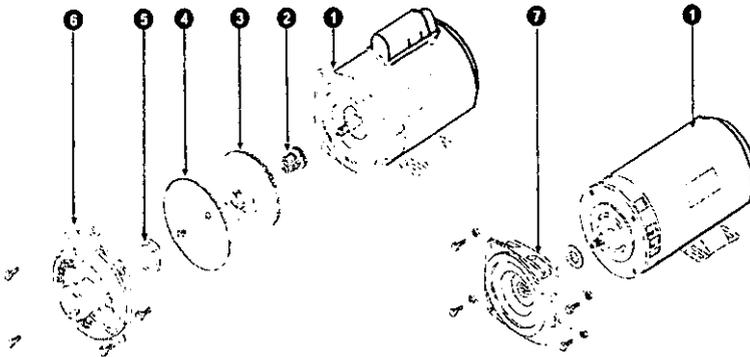


Fig. 27 Diagrama de partes del equipo de bombeo.

Las partes numeradas en el diagrama son las siguientes:

- 1.- Motor Eléctrico.
- 2.- Sello Mecánico.
- 3.- Impulsor.
- 4.- O – Ring.
- 5.- Reten.
- 6.- Tapa.
- 7.- Cople Maquinado.

4.5 Interceptor de Grasa.

La última parte constitutiva del sistema es el interceptor de grasa; su función, como su nombre lo indica es la de interceptar la grasa en desagües de cocinas, de hospitales, hoteles, restaurantes, cantinas, residencias, empacadoras de carnes, marmitas, etc.

Está construido con lámina de seis milímetros y presenta un acabado con capa de zinc; cuenta con una conexión de \varnothing 51 mm con rosca hembra y una tapa coarrugada sujeta con tornillos para facilitar la limpieza. Tiene una capacidad de almacenaje de 18.14

Kg de grasa. Su forma y dimensiones se muestran en el dibujo anexo.

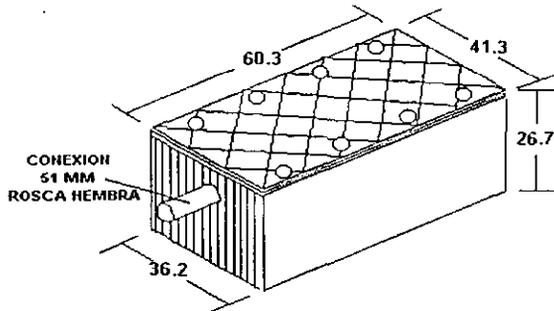


Fig. 28 Interceptor de grasa HELVEX.

La funcionalidad del interceptor de grasa se debe no a grandes avances tecnológicos, sino a un simple cambio de nivel de mamparas que retienen la grasa; no es necesaria una fuerza que empuje el agua hacia su interior, ya que esta fuerza es proporcionada por la gravedad que se obtiene al instalarlo en forma adecuada.

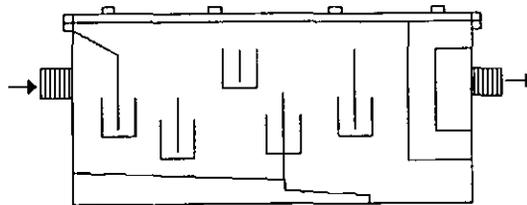


Fig. 29 Corte del interceptor de grasa.

Se han mencionado las partes integrantes del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua, se han detallado sus construcciones y funcionamiento. Ahora es cuando surge la gran interrogante referente a la viabilidad o posibilidad de realización de todo proyecto, la cual se basa en una relación básica que es la de costo – beneficio.

4.6 Costos del SIDRA.

En estas líneas se analizarán los costos de las partes integrantes del sistema, así como los de las instalaciones necesarias para el funcionamiento óptimo. El beneficio económico y ecológico se dejarán un poco de lado por el momento, ya que se comentarán con detalle en la parte de las conclusiones del presente trabajo.

Los precios se darán de manera individual, es decir, de componente en componente, considerando listas de precios actuales, proveedores al azar y costos por unidad. Esto se hace con el fin de brindar una visión extrema referente al importe total del proyecto, ya que al realizarse de manera artesanal, es decir,

en baja escala, la valía del SIDRA se incrementa considerablemente.

Los valores se listarán a continuación de acuerdo al orden de la figura 24 (esquema funcional), respetando en todo momento las capacidades calculadas.

Componente	Capacidad	Marca	Precio
Interceptor de Grasa	18.14 Kg.	HELVEX	\$3242.00
Cisterna	1100 Lts	PLASTINAK	\$1688.00
Bomba Centrífuga	¼ HP	SUPER	\$500.00
Tinaco	450 Lts.	PLASTINAK	\$657.00
Instalación y material de plomería	-	-	\$2000.00
PRECIOS VIGENTES AL 1° DE DICIEMBRE DE 1999		TOTAL	\$8087.00

El total anterior que ha simple vista resulta tal vez excesivo, incluye el interceptor de grasa, el cual, como se mencionó al principio de este capítulo es opcional en el sistema; el SIDRA básico (sin interceptor) costaría \$ 4845.00 (Valor al 1° de Dic. 99).

Si analizamos el valor total de la vivienda, es decir, el precio de compra, el SIDRA representa únicamente el 2.6% por ciento de la inversión total, ya que para efectos de esta cotización, se tomó el precio de una GEO VILLA ubicada al oriente de la ciudad de México. El valor es de \$193,000.00, recordando que tal cantidad puede variar aproximadamente un 10% por arriba o por debajo de la cantidad original, ocasionándose tal fluctuación por la localización del desarrollo y el tamaño, tipo de la vivienda.

Si consideramos que las mensualidades por este tipo de inmuebles oscilan entre los \$1000.00 y los \$2000.00, estaríamos diciendo que el sistema se paga aproximadamente en cinco mensualidades.

Retomando el Sistema Completo con costo de \$8087.00 y suponiendo su instalación en la GEO VILLA antes mencionada, la inversión equipara al 4.2% del valor de la vivienda.

El presente capítulo se titula descripción y distribución del SIDRA, se ha visto todo lo referente al diseño, es el turno pues, de tratar lo que concierne a la distribución del producto.

4.7 Distribución del SIDRA.

La distribución o comercialización del producto se puede llevar a cabo por dos vías diferentes; la primera sería por medio de las grandes compañías productoras de tinacos y cisternas, ya que gran parte del sistema está constituido por estos elementos.

Las empresas como ROTOPLAS, PLASTINAK, POLYPLAS y CEMIX, son líderes en producción y venta de estos productos y tienen presencia a todo lo largo y ancho del territorio nacional. Gracias a esta amplia cobertura, se asegura que todos los interesados en construir viviendas de interés social puedan conseguir lo necesario para implementar el SIDRA en sus proyectos constructivos, ya que la localización estratégica de los distribuidores otorga al constructor una reducción en los tiempos de entrega de sus materiales, ahorro económico, y en caso de falla, se puede dar una rápida y eficaz asesoría.

Para que estas fábricas se interesen en distribuir el SIDRA, es necesario llegar a acuerdos tales que beneficien a ambas partes y que partan de la premisa de que lo que se vende como el Sistema Doméstico de Reutilización de Agua no es un producto

en sí, ya que más bien es una idea inédita que surge en respuesta a la escasez de agua que sufrimos en México.

La otra opción que se puede manejar, es contactar a los principales constructores de viviendas de interés social – entiéndase CORPORACION GEO y CONSORCIO ARA -, entre otros y ofrecerles de igual manera el sistema.

Con esta alternativa los constructores logran mejores precios debido al volumen de sus compras y obtienen el beneficio adicional de poder promocionar y vender sus casas como ecológicas. Una idea que surge de pronto para anunciar las viviendas es, cambiar los espectaculares que dicen "Bienvenido a territorio GEO" por "Bienvenido a territorio GEO ECOLOGICO".

Las alternativas de publicidad son de tal magnitud, que quedan fuera del alcance de este trabajo, pero como se vio recientemente, la implementación del SIDRA en los desarrollos de interés social, representa una opción ecológica además de lucrativa.

Se puede lograr una distribución a gran escala por medio de las instituciones encargadas de regular las construcciones, ya que estas pueden exigir a las compañías constructoras la instalación del mecanismo ahorrador.



Capítulo 5:

"Conclusiones".

Para concluir con la presente tesis, es necesario resaltar de manera independiente todas las ventajas que se obtienen por medio de la instalación del Sistema Doméstico de Reutilización de Agua.

Los beneficios que se consiguen con el SIDRA son de dos tipos principales a saber: ecológicos y económicos. Este orden de aparición se basa en la importancia que representa cada rubro para la sociedad mexicana y para la población del resto del mundo; así mismo, la disposición de los temas toma en cuenta el crecimiento de los problemas del agua y del dinero, ya que de conservarse la presente tendencia, llegará el día en que todos tengan dinero para comprar agua, pero ya no habrá más líquido que extraer, purificar, embotellar y vender.

Es evidente que cuando se habla de virtudes o cualidades de tal o cual producto o servicio, se mencionen también sus defectos o imperfecciones. El producto que aquí se desarrolló, no escapa a tal regla (de la cualidad y el defecto) y es en esta sección en donde se tratarán las "fallas" del SIDRA, las cuales resultan despreciables en comparación con sus grandes virtudes.

5.1 Beneficios Ecológicos.

Para poder presentar una imagen clara del ahorro en el consumo de agua que trae consigo la implementación del dispositivo de reutilización de agua, es necesario extraer algunos datos básicos mencionados en el primer capítulo de esta tesis.

Como se dijo entonces, el consumo anual mundial equivale a 3, 240 kilómetros cúbicos, de los cuales **259** kilómetros cúbicos se destinan a fines domésticos.

En México, la suma de las aguas subterráneas y de las superficiales que se utilizan para satisfacer anualmente las necesidades domésticas representa algo así como **27, 175** millones de metros cúbicos.

Para ver con claridad la economía que se logra con la implantación del SIDRA, es necesario extraer ciertas cifras de los capítulos tres y cuatro, ya que con ellos se puede apreciar en su totalidad la magnitud del bienestar ecológico que proporciona la reutilización.

Si se recuerda que el valor de 27,175 millones de metros cúbicos es el equivalente al consumo doméstico, es entonces imprescindible, conocer el número de viviendas que existen en México. Según el INEGI, el parque habitacional en el país es de 16,183,310 viviendas, de las cuales 13,524,324 son casas solas, representando esta cifra al 83.6% del total de las construcciones destinadas a la habitación.

Este porcentaje es importante, debido a que es en este tipo de casas en el que se puede instalar con éxito el dispositivo de reutilización. Realizando un pequeño cálculo que incluye al consumo destinado a la vivienda y al número de viviendas, se tiene que el consumo doméstico que es potencialmente reutilizable asciende a **22,175** millones de metros cúbicos. Considerando ahora que el SIDRA está diseñado para reutilizar un 35% del consumo doméstico, se obtiene un ahorro de **7,761** millones de metros cúbicos al año.

Tomando ahora en cuenta que las viviendas de interés social que se construyen en la nación son 200 mil, tenemos como resultado la cifra de 114,770 millones de litros al año. Como puede verse, esta cantidad comprende únicamente a las

viviendas de interés social que se construyen actualmente y que son precisamente las seleccionadas para instalar en ellas el Sistema Doméstico de Reutilización de Agua.

Aunque los resultados no parecen ser muy alentadores, hay que observar, que con el ahorro obtenido con el SIDRA en un año, se puede dotar de agua a la ciudad de México por un periodo aproximado de **23 días**. No hay que olvidar que la construcción de viviendas de interés social sigue una tendencia a la alza y, que las cantidades mostradas como totales, incluyen datos exclusivos del país.

Por escapar a lo objetivos de este trabajo, no se incluye aquí información acerca del auge que tiene la vivienda de interés social en los distintos continentes, aunque es pertinente aclarar que estas construcciones son muy populares en los países latinoamericanos y aún en los países desarrollados; así pues, resulta claro que los beneficios ambientales generados por la reutilización a un nivel global, son bastante alentadores y crecen de manera continua.

De ahora en adelante, se hablará a grandes rasgos de las utilidades económicas que trae consigo la reutilización.

5.2 Beneficios económicos.

Es de imaginarse que una reducción en el consumo de agua dentro de las casas traerá a la vez una reducción en el pago de derechos por el suministro de la misma; lográndose con esto una reducción en el gasto familiar de gran parte de los mexicanos. Por otra parte, al ser menores los importes del vital líquido la capacidad de pago de los usuarios se incrementa, lográndose así una disminución en los adeudos con las comisiones de aguas de los diferentes estados.

Al no existir déficit en las cuentas de las instituciones encargadas del cobro del agua, se pueden emprender con más brios tareas de infraestructura hidráulica y mantenimiento de las redes existentes, lográndose así, que en un futuro próximo todos los habitantes del territorio nacional tengan tomas domiciliarias de agua.

Para ver de manera concreta el ahorro económico proporcionado por la reutilización, se tabularán las tarifas vigentes en la ciudad de México, correspondientes al uso doméstico.

Limite Inferior (L)	Limite Superior (L)	Cuota Mínima (\$)	Cuota Adicional (\$)
00.0	10.0	\$11.50	\$0.00
10.1	20.0	\$11.50	\$1.36
20.1	30.0	\$25.06	\$1.58
30.1	50.0	\$46.60	\$2.76
50.1	70.0	\$101.80	\$3.53
70.1	90.0	\$172.27	\$4.51
90.1	120.0	\$262.37	\$8.97
120.1	180.0	\$531.33	\$11.34
180.1	240.0	\$1211.70	\$16.29
240.1	420.0	\$2189.15	\$18.76
420.1	660.0	\$5565.41	\$21.86
660.1	960.0	\$10811.9	\$23.62
960.1	1500.0	\$17897.3	\$27.17
1500.1	En Adelante	\$32567.3	\$28.96

Cuadro 9. Tarifas del agua a partir del 1º de Enero del 2000.

FUENTE: CÓDIGO FINANCIERO DEL D. F.

La forma de pago en el Distrito Federal se realiza de manera bimestral y de acuerdo con el código financiero del D. F., la tarifa aplicable por el derecho de suministro de agua se calcula de la siguiente manera para el servicio medido:

“el consumo entre dos lecturas a medidor funcionando, entre el número de días entre lecturas, por los días del bimestre, por la tarifa según uso”. El cálculo se rige por el Art. 196 Fr. I y por el Art. 198 Fr. IV del reglamento antes citado.

Como puede constatarse, el código financiero de D. F., está ya dentro de lo que se recomienda en el uso eficiente del agua, es decir, se aplica en él, la razón de que el usuario que más consume debe pagar más tratando con ello, de reducir el gasto del agua. Además el reglamento otorga beneficios adicionales a los consumidores cuyo gasto sea menor a 30 metros cúbicos, aplicando a sus cálculos tarifas del año pasado.

Si se considera esta serie de ventajas y además se instala en el hogar un sistema de reutilización de agua, se pueden lograr economías mayores como se discutirá enseguida.

Para un ejemplo práctico se considerarán los datos sobre el consumo doméstico en la ZMCM así como algunas de las especificaciones de diseño del SIDRA.

Partiendo de los datos recopilados y ponderados en el capítulo anterior, se tiene que considerar lo siguiente:

Consumo Diario (vivienda de interés social) = 835 L

Consumo Diario (utilizando el SIDRA) = 542.75 L

Ahora se multiplicarán por 60 que es el número de días del bimestre:

Consumo Bimestral (vivienda de interés social) = 50,100 L

Consumo Bimestral (utilizando el SIDRA) = 32,565 L

Para homologar los resultados con los datos que se manejan en los recibos emitidos por la Comisión de Aguas del Distrito Federal es necesario dividir los consumos entre 1000 para obtener metros cúbicos:

Consumo Bimestral (vivienda de interés social) = 50.1 m³

Consumo Bimestral (utilizando el SIDRA) = 32.56 m³

Para el caso de la casa de interés social sin el dispositivo de reutilización, el importe quedaría en:

Total a pagar: \$ 101.80

El total se determinó a partir del cuadro 9, en donde el límite inferior tabulado, coincide exactamente con el supuesto consumo; no es necesario sumar la cuota adicional por metro cúbico excedente del límite inferior.

Para el caso del hogar en que se instaló el mecanismo de reutilización el cálculo se determina en esta forma:

Total a pagar = \$ 46.60 + 2.46 (2.76) = \$ 53.38

Al comparar ambos totales, se concluye que el mecanismo llamado SIDRA, genera ahorros económicos de más del 47% del importe a pagar por un usuario que no cuenta con este sistema.

Cabe mencionar que el anterior porcentaje de ahorro es un estimado, ya que las tarifas en las distintas entidades del país varían, no siendo así la forma de calcular el total a pagar.

En los siguientes párrafos se describirá un aspecto del funcionamiento del SIDRA que había sido dejado de lado en el capítulo anterior por considerarse en cierta forma como una desventaja.

5.3 Puesta en Marcha del SIDRA en una Casa Nueva

Se ha dicho que el Sistema Doméstico de Reutilización de Agua está diseñado para operar dentro de viviendas conocidas como casas solas, ya que este tipo de habitación representa un porcentaje muy importante del parque habitacional del país. De igual forma se mencionó que dentro del género conocido como casas solas se incluyen también las casas de interés social y que es precisamente esta clase de hogares la que en la actualidad se encuentra en gran auge y aceptación en el mercado mexicano de la construcción.

El mecanismo de ahorro de agua descrito a lo largo del presente documento deberá pues, ser instalado en “nuevos” desarrollos urbanos de casas de interés social. Se enfatiza el término nuevo, ya que es aquí en donde se facilita la instalación del sistema y por ende se reducen los costos.

Cuando una persona llega a una casa nueva se encuentra con una serie de actividades de limpieza y acomodo de sus pertenencias, que generan una necesidad de alimentarse; esta necesidad genera a su vez que las personas utilicen los servicios sanitarios de su casa. Es aquí cuando surge la pequeña problemática del SIDRA generalizada por una simple pregunta, ¿cómo es posible empezar a reutilizar agua en una casa nueva?.

Antes de dar respuesta a tal pregunta es necesario decir que la solución que se dará es temporal y que sólo será necesaria un par de días a lo sumo, ya que el sistema de reutilización, una vez dotado de agua es autosuficiente.

La problemática antes mencionada desaparece cuando el sistema es abastecido por una fuente externa de agua, es decir, una fuente diferente a la proporcionada por los excedentes de los procesos realizados en lavabos y regaderas.

Al tratar de imaginar una fuente externa de suministro de agua, se puede recordar que el SIDRA es una modificación de los sistemas hidráulico y sanitario de la casa, por eso la búsqueda de

una fuente emergente de alimentación debe mirar hacia los orígenes del sistema. Para hacer esto con mayor facilidad, se compararán dos esquemas; el primero de la instalación tradicional de un excusado, el segundo es el de la instalación del SIDRA (sin resolver el problema del suministro de agua).

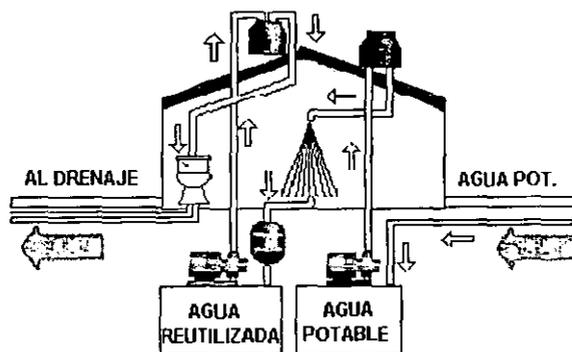


Fig. 30 Vivienda con el SIDRA instalado.

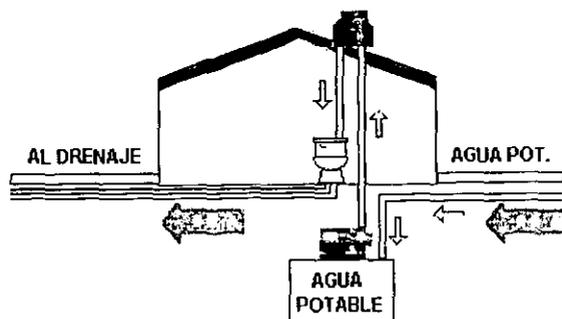


Fig. 31 Vivienda con instalación tradicional.

Al observar la figura 30 se ve que el agua que entra en el sistema de reutilización proviene de un tinaco secundario que a su vez es surtido por una segunda cisterna que contiene agua desengrasada proveniente principalmente de la o las regaderas. Por otra parte en la imagen 31 se presenta una instalación hidráulica-sanitaria común en la que el agua que se descarga al excusado tiene como origen un tanque que contiene agua potable. Este tipo de arreglo también es utilizado en la mayoría de los edificios en las grandes ciudades, con la única diferencia que existe un ramaleo directamente proporcional al número de departamentos.

El desenlace de la problemática aquí referida se encuentra en la fusión de ambos diagramas; y por qué no combinar lo mejor de cada sistema para lograr un desempeño óptimo del producto; la combinación consiste en dotar al retrete de dos tomas independientes de agua que puedan ser seleccionadas de manera sencilla por el usuario.

La manera de conseguir una fácil alternancia entre una y otra forma de suministro es instalando una válvula adicional al sistema.

La forma de administrar agua potable al inodoro no tiene que hacerse forzosamente en la forma que se ilustra en el diagrama 31, ya que comúnmente en cualquier baño siempre existe un lavamanos y un w. c.; se puede hacer una derivación que parta de la toma de agua fría del lavamanos y que vaya al w.c. para así asegurar su correcto funcionamiento.

La forma de una válvula típica para realizar el cambio en el suministro de agua (de potable a reutilizada) al inodoro se muestra en la figura 32 de la página siguiente.

Para dar fin a las conclusiones se debe decir que el uso de la válvula para seleccionar los distintos orígenes del agua en el SIDRA se puede presentar no solamente en el momento de habitar una nueva casa, sino que también puede ser necesaria en el caso de permanecer deshabitado el inmueble por mucho tiempo a causa de una mudanza o unas vacaciones muy largas. El diagrama del SIDRA que incluye la modificación en cuestión se corresponde a la figura 33 y es el aspecto final que mostrará el proyecto.

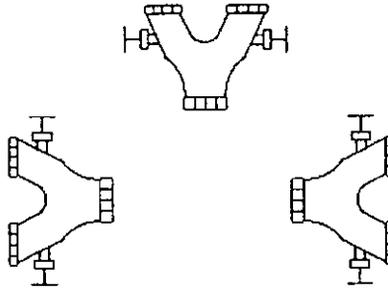


Fig. 32 Válvula doble, diferentes posiciones de acuerdo a la alimentación del excusado.

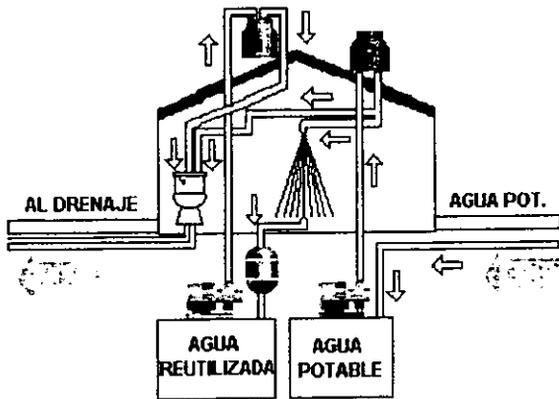


Fig. 33 Aspecto final del SIDRA.

"Alternativa de Suministro de Energía Eléctrica al Sistema de Bombeo Cutzamala", Torres Salvador Víctor, Tesis I.M.E., Cuautitlán Izcalli Estado de México 1995.

"Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos", INEGI, 1997.

"Diccionario Práctico de Español Moderno", García Pelayo Ramón y Gross, Ediciones Larousse, México 1991.

"Enciclopedia Microsoft Encarta", Microsoft Corporation 1999.

"Enciclopedia Salvat, Diccionario", Salvat Editores S. A., Barcelona 1976.

"Estadísticas Económicas", INEGI, México 1998.

"Estadísticas del Medio Ambiente", INEGI, México 1994.

"Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Excusados de Bajo Consumo de Fabricación Extranjera", García B. A. y Cortés M. P., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México 1989.

"Evaluación del Funcionamiento Hidráulico de Excusados Lamosa Sahara de Fabricación Nacional", García B. A. y Cortés M. P., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México 1989.

"Evaluación del Funcionamiento Hidráulico del Supersifón, Marca Supersifón en Excusados de Alto Consumo de Fabricación Nacional", García B. A. y Cortés M. P., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México 1991.

"Evaluación del Funcionamiento de Retenedores para Excusados de Alto Consumo de Fabricación Nacional", García B. A. y Cortés M. P., Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México 1990.

"Evaluación de un Prototipo de Plantas de Tratamiento In Situ de Aguas Residuales para Casas Habitación", Morgan-Sagastume Juan Manuel, Prunier Sebastián y Noyola Alberto, Instituto de Ingeniería UNAM, México 1998.

"V Informe de Gobierno" Ernesto Zedillo Ponce de León, México 1999.

"Informe de Labores 1993-1994", SEDESOL, México 1994.

"Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales", Fair Maskew Gordon, Geyer John Charles, Okun Daniel Alexander, Limusa, México 1994.

"Ley de Aguas Nacionales", Diario Oficial, México 1992.

"Ley Federal de Vivienda", Diario Oficial, México 1984.

"Manual Práctico de Plomería y Calefacción", Day Richard, C. E.C. S. A., 1988.

"Nuevas Tecnologías para una Nueva Cultura Urbana, el caso del SIRDO", Mena Abraham Josefina y Bastarrachea Ortiz Julio, Grupo de Tecnología Alternativa S. C., México 1992.

"Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales", Diario Oficial, México 1994.

"Revista Obras, Panorama de la Construcción Septiembre 1997", Expansión S. de R. L. de C. V., México 1997.

"Uso Eficiente del Agua", García B. A. y Cortés M. P., Ediciones UNESCO-ORCYT, México 1991.