



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: TECNOLOGÍA**

SANDRA PATRICIA GALVÁN GIL

**MODELO DE APROVECHAMIENTO
DE AGUAS GRISES**

**CONTROL DE LA ESCASEZ DE AGUA
EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

MMXI



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**MODELO DE APROVECHAMIENTO DE
AGUAS GRISES**

**CONTROL DE LA ESCASEZ DE AGUA
EN VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ARQUITECTURA
PRESENTA:**

SANDRA PATRICIA GALVÁN GIL

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: TECNOLOGÍA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO.

MMXI

Jurado

Director de Tesis:

Dra. Jeanine Da Costa Bischoff

Sinodales:

Dr. Jesús Gracia Fadrique

Mtro. Ernesto Ocampo Ruiz

Dr. Fidel Sánchez Bautista

Dr. Miguel Arzate Pérez



Dedicatoria

A todas aquellas personas que buscan usar la tecnología
para frenar el daño que hemos hecho al planeta.



Agradecimientos

Son muchas personas especiales a las que les doy las gracias por su amor, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y corazón. Sin importar en dónde estén, quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A DIOS...

Por ser mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta.

A mis padres: Gustavo Galván y Evelia Gil...

Por enseñarme a luchar y no rendirme, por su gran corazón y capacidad de entrega.

Al amor de mi vida: Arq. Alan Diez...

Por apoyarme, amarme, estar siempre conmigo y ser el pilar principal para la realización de este trabajo.

A mi hermano: Julio Gustavo Galván...

Por apoyarme y mostrarme en todo momento su cariño.

A mi familia y amigos...

Por preocuparse por mí.

A la Universidad Nacional Autónoma de México...

Por darme la oportunidad de seguir aprendiendo y crecer como profesional.

A la Dra. Jeanine Da Costa y al Mtro. Ernesto Ocampo...

Por su apoyo incondicional y paciencia para la realización de esta Tesis, pero sobre todo por su amistad.

Al Dr. Jesús Gracia Fadrique y a Mariana García...

Por permitirme participar en este proyecto desde mi campo profesional.

A mis profesores: Mtro. Jorge Rangel y Mtra. Adriana Camaño...

Porque aunque no forman parte de mi jurado, por razones administrativas, sí forman parte importante de la evolución de esta tesis.

A mis sinodales...

Por sus valiosas aportaciones y comentarios.

A todos aquellos que contribuyeron a que esto fuera posible y se escapan de mi memoria...

Muchas Gracias...



Resumen | Abstract

El agua es el segundo elemento, después del aire, más importante para la subsistencia de los seres vivos. Nuestro Planeta, a pesar de estar cubierto por más del 70% de agua, únicamente es destinado para consumo humano el 0.025%, del cual la mitad es agua contaminada y sin distribución equitativa. En la Ciudad de México el agua potable es utilizada indiscriminadamente. Si el uso se adaptara al ciclo natural del agua e incorporáramos el reciclaje del agua gris proveniente de viviendas, se disminuiría el consumo de agua potable y al usar un tratamiento y/o reutilizar el agua gris, la cantidad de agua contaminada también disminuiría. Con esto aminoraría el problema de agua en la Ciudad de México.

After the air, the water is the second most important element for the living beings' subsistence. Despite our Planet is covered by more than 70% of water, only 0.025% is taken for human consumption, while a half of this is considered as polluted water and lacks a reasonable share. In Mexico City, drinking water is used indiscriminately. If its use were adapted to the water natural cycle and the waste water from housing were recycled, drinking water consumption would diminish. Similarly, polluted water would also decrease after waste water had been treated and / or reused. This project presents an alternative to lessen the water supply problem that Mexico City is facing nowadays.



Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Antecedentes	6
Agua. “El Futuro Oro Azul”	6
1.1. Distribución mundial del agua	7
1.2. Importancia del agua	10
1.3. Ciclo natural ecológico Vs Ciclo urbano	11
1.4. Crisis mundial del agua del siglo XXI	12
1.5. Derecho humano del agua	14
1.6. ¿Qué se hace en el mundo para combatir la escasez de agua?	16
Capítulo 2. Agua en México	17
2.1. Distribución del agua en México	18
2.2. Crisis del agua en México	19
2.3. Consumo real de agua en la Ciudad de México	22
2.4. ¿Qué se hace en México para combatir la escasez de agua?	25
2.5. Marco legal	27



Capítulo 3. Aguas Grises	35
3.1. ¿Qué son las aguas grises?	36
3.2. Objetivos del tratamiento y/o reuso de aguas grises	37
3.3. Ventajas y desventajas del reciclamiento de aguas grises	38
3.4. Procesos utilizables para la depuración del agua	39
3.4.1. Proceso Químico	39
3.4.2. Proceso Físico	41
3.4.3. Proceso Biológico	43
3.5. Tipos de tratamiento del agua	44
3.5.1. Pretratamiento	44
3.5.2. Tratamiento Primario	46
3.5.3. Tratamiento Secundario	48
3.5.4. Tratamiento Terciario	50
Capítulo 4. Análisis de Tratamientos y Reuso de Aguas Grises Existentes	52
4.1. Descripción de las tecnologías de tratamiento de aguas grises	53
4.1.1. Lagunas de macrófitas	53
4.1.2. Lechos de macrófitas o filtros vegetales	53
4.1.3. Tratamiento de aguas grises (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda-CONAFOVI)	55
4.1.4. Humedal artificial	56
4.1.5. Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación	57
4.1.6. Sistema Aquacycle de Pontos	58
4.2. Descripción de las tecnologías de reuso de aguas grises	58
4.2.1. Inodoro de tanque seco	58
4.2.2. Tlalock	59
4.2.3. WC Suite (Caroma)	60
4.2.4. Washup	61
4.3. Análisis comparativo de modelos existentes	61

Capítulo 5. Modelo de Aprovechamiento de Aguas Grises Para Vivienda	64
5.1. Modelo de aprovechamiento racional del agua	65
5.2. Características que debe poseer un modelo adaptable a la Ciudad de México	67
5.3. El modelo	71
5.3.1. Descripción	71
5.3.2. Procesos	73
5.3.3. Modelo 1	76
5.3.4. Modelo 2	79
5.3.5. Modelo 3	81
5.3.6. Comparativa de modelos	82
5.3.7. Manual de uso	83
5.3.8. Especificación de materiales y equipo	87
5.3.9. Mantenimiento	89
5.4. Ahorro de agua potable generado en vivienda tipo de la Ciudad de México	90
Conclusiones	93
Glosario	A
Fuente de Imágenes	H
Fuente de Tablas	L
Bibliografía	N
Libros	N
Videos	P
Internet	P
Publicaciones	R
Anexos	S
Anexo 1	S
Anexo 2	T
Anexo 3	W



Introducción

Al emplear la palabra agua en muchas ocasiones visualizamos un río cristalino, un bello paisaje marino, una tarde de lluvia o simplemente un vaso con agua fresca. El agua es muy importante, sin ella no podemos vivir; mas no le damos importancia al cuidado que ésta necesita para mantener las condiciones ideales para su consumo.

Al enfrentarnos con la realidad nos encontramos con ríos de aguas negras, un mar contaminado, una ciudad con escasez de agua; pero ante esto quedan preguntas sin respuesta aparente: ¿así queremos vivir?, y si no es así, ¿qué hacemos para que esto no continúe?

La mayoría de las personas no cuenta con la educación ecológica adecuada para atacar el problema de escasez y contaminación de agua. Para el ahorro del agua, por parte de la minoría de la población mundial, son usadas algunas tecnologías como son: válvulas para aminorar la cantidad sin perder la presión del agua, muebles con menor consumo de agua, algunos tipos de llaves automáticas y ahorradoras, entre otras; pero estas acciones no son suficientes o no son las únicas opciones que pueden ser aplicables para solucionar el problema.



Fig. 1. "Dalí atómico"

En ese tiempo el agua sustituyó la leche debido a que estaban en tiempos de guerra, hoy el derroche de agua es ofensivo para este tiempo de escasez.

Introducción

El planeta desde hace muchos años se ha visto amenazado por la contaminación que generamos para hacer nuestra vida confortable, sin ponernos a pensar que el agredir a la naturaleza crea un desequilibrio que también nos afecta.

Al hablar de un “Planeta azul” creemos que el agua que poseemos en el planeta es mucha como para que se termine, y es cierto, el agua en el planeta es poco probable que se termine en los próximos millones de años, a menos que pase algo extraordinario. Lo que sucede es que la estamos contaminando. Sí se está terminando el agua; pero el agua limpia, la que podemos utilizar para desarrollar nuestras actividades; la prueba clara está en lo que viven algunas delegaciones por la falta del líquido. Aún así, por comodidad algunas personas siguen lavando la banqueta con manguera, otros desperdician el agua en cada una de sus actividades o lo que es peor aún, la existencia de fugas, que pudieran parecer insignificantes, generan que el agua se desperdicie inconscientemente.

Cuidar el agua del planeta no es firmar una hoja para que no quiten el lago de la Ciudad, ni plantarse en el Zócalo para defender nuestro derecho al agua o desentenderse del problema al echarle la culpa al gobierno. El cuidado del agua va más allá, antes de pensar en revertir el daño, debemos frenar el problema.

¿Cuánto tiempo más podremos aprovechar inconscientemente el agua potable que aún queda en nuestro planeta?



Fig. 2. Niños africanos bebiendo agua de un charco.

Introducción

Al usar el agua potable que nos llega todos los días de la red pública, nunca nos ponemos a pensar de dónde viene o a dónde va, el problema se presenta cuando ya no llega la misma cantidad de agua a nuestras viviendas, o lo que es peor, ya no llega. Es este el momento en que nos preocupamos por el agua, tratamos de ahorrar, de no desperdiciarla; pensamos que el problema es del gobierno, creemos que él es el único culpable, en parte tiene la culpa; sin embargo, no tomamos medidas extremas ante esta situación.

El agua que llega a la Ciudad de México es traída de otros lugares, pero también procede en gran parte de los mantos acuíferos, la explotación excesiva y falta de recarga de los mismos han deformado el ciclo natural del agua; lo cual, ha desencadenado el hundimiento de la Ciudad de México. Por otro lado, nosotros nos deshacemos del “agua sucia” por medio de la red de drenaje público en la que se vierten aguas de todo tipo: industriales, domésticas, pluviales, entre otras; que son mezcladas y sin un proceso de tratamiento adecuado, son arrojadas a mares, ríos, lagos, barrancas, grietas, etc.; los cuales desencadenan contaminación y lo más grave, focos de infección.



Fig. 3. Miles de litros de aguas contaminadas son vertidas a los ríos Cazones y Tecolutla.
No hay plantas tratadoras de aguas en la zona norte del estado de Veracruz a pesar de los anuncios hechos por gobiernos municipales y del estado.

Introducción

Al día de hoy, a nivel mundial, se sufre una escasez importante de agua, nuestra Ciudad¹ ya comienza a padecer de este vital líquido; por lo cual es importante hacer algo al respecto. Existen algunos programas para vivienda, impulsados principalmente por CONAGUA², que plantean el ahorro de agua; aunque estas medidas por si solas no solucionarían el problema de fondo, si pueden lograr una disminución considerable de agua potable. Para generar una estrategia encaminada a combatir el problema de escasez y contaminación del agua, podemos hablar de un “uso racional del agua”³ el cual trata de aprovechar conscientemente el líquido, sin desperdiciarlo, tratándolo, reutilizándolo y sobre todo adaptándose a su ciclo natural.

Al hablar de ahorro económico cuando el costo del agua es tan bajo, no implica una total justificación; pero al hablar de ahorro y reciclaje de agua en viviendas que ya no cumplen con la mínima dotación para que sus habitantes satisfagan sus necesidades, es donde el tema cobra importancia.

Una gran cantidad de tecnologías de tratamiento y/o reuso se enfocan en las aguas residuales⁴, tienen un reuso únicamente en riego o recarga de mantos acuíferos; lo cual, logra disminuir la contaminación del agua, pero no aminora el problema de escasez. La mayoría de estas tecnologías necesitan de amplios espacios para desarrollarse, algunos requieren zonas al aire libre, otros no están diseñados para aplicarse a nuestro país, unos más no son utilizados por la complejidad en el uso y mantenimiento; existen sistemas industrializados que pretenden generar un ahorro económico, ocupan un espacio similar al planteado y presumen recuperar la inversión.

Propongo, como tema principal de esta tesis, el desarrollo de un modelo de tratamiento y reuso de las aguas grises⁵; ya que en el proceso de “uso racional del agua”, el tratamiento del agua gris logra dos objetivos importantes para combatir el problema que vive la Ciudad de México: aminorar la escasez de agua y su contaminación.

El reto de este trabajo es encontrar un tratamiento y/o reuso del agua gris que, sin sufrir grandes modificaciones, pueda incorporarse a un modelo que respete las características y necesidades de la vivienda en la Ciudad de México; logrando así una disminución en el consumo de agua potable y agua contaminada desechada.

¹ Ciudad de México.

² CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

³ El tema se desarrolla más extensamente en el Capítulo 5 de este trabajo.

⁴ Es una combinación de aguas industriales, agrícolas, domésticas y pluviales que se dan en una zona urbana o rural.

⁵ Aguas grises: son todas aquellas descargas de agua, resultado de nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensilios; aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables, son aguas que a primera vista pueden parecer inservibles y que sin embargo su reutilización puede disminuir el gasto de agua potable.



Introducción

Para lograr este objetivo se abordará el tema de forma prospectiva. Es necesario analizar la situación actual que vive el mundo y México, entendiendo primero el problema de fondo; lo cual, requiere una investigación y análisis profundo de la situación histórica y actual del problema. Después se generará un futuro probable, donde se definirá la situación que vivirá la Ciudad de México en algunos años, en base a la escasez de agua y su contaminación. Se deberá prever la evolución del problema del agua, identificar su distribución y aprovechamiento para poder entender los posibles problemas que se deben evitar.

Se analizará el uso del agua en la vivienda de la Ciudad de México. Se identificarán y compararán los tipos de tratamiento y reuso planteadas por algunos autores, con lo que se conocerán cuales son aplicables a viviendas de nivel medio, unifamiliares, de uno a dos pisos. Se tomarán en cuenta usos y costumbres de la Ciudad, el tipo de aguas que estoy estudiando e incluso el lugar en donde se ubica la vivienda; para generar como conclusión un modelo arquitectónico completo⁶ que sea aplicable a la Ciudad de México.

Ya seleccionado el tipo de tratamiento y/o reuso debe ser adaptado e incluso mejorado o complementado para crear un futuro deseado, generando así un modelo de aprovechamiento de aguas grises que se adapte a él, debo generar una visión prospectiva del comportamiento del modelo ambiental y socio-económicamente, así como mencionar el ahorro de agua potable logrado de implementarse el modelo.

Esta investigación está dirigida al público en general. Trata de explicar, de forma sencilla, la importancia que tiene el agua en el planeta y en nuestras vidas. Nos enseña cómo cuidarla; pero sobre todo, cómo aminorar el problema de escasez de agua y disminuir su contaminación en el mismo proceso, desde una perspectiva que nos afecta directa y diariamente: “nuestra vivienda”.

El tema a su vez es poco conocido a fondo por los arquitectos, por tal motivo también se genera un análisis de los tratamientos y tipos de reuso de aguas grises existentes, así como la comparación de ventajas y desventajas que poseen. Al término de la investigación se dará a conocer el modelo de tratamiento ya adaptado a la Ciudad de México; el cual, personas comunes, podrán incorporar a sus viviendas; mientras que arquitectos podrán basarse en mi metodología para proponer un modelo de de tratamiento de este tipo de agua adaptado a otro lugar.

⁶ Al llamarlo completo me refiero a un modelo que se adapte a las condiciones de la vivienda en la Ciudad de México, esto conlleva a contemplar que, con modificaciones pequeñas, pueda ser adaptado a viviendas nuevas y viviendas existentes; dando como consecuencia opciones del modelo principal. Se explica extensamente en el capítulo 5 de este trabajo.



Capítulo 1. Antecedentes

Agua. "El Futuro Oro Azul"

H₂O, la fórmula química más conocida en el mundo, el agua es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El término agua se aplica en el lenguaje corriente únicamente al estado líquido de este compuesto, mientras que se asigna el término "hielo" a su estado sólido y el término "vapor de agua" a su estado gaseoso.

El agua que conocemos forma parte importante muchos procesos que se llevan a cabo en el planeta, en todos los seres vivos. Es por ello que si no prestamos debida atención al problema por el cual está pasando el planeta, corremos el riesgo de que el recurso se pierda. Esto no implica que podamos terminarnos el agua del planeta; pero sí nos costará tiempo, trabajo y dinero poder adquirir agua con la calidad suficiente para disponer de ella y desarrollar nuestras actividades esenciales⁷.

Visualizando un planeta que por cuestiones de mala planeación está terminando con sus recursos naturales, rompiendo con el equilibrio ecológico; un mundo con gran cantidad de agua contaminada, mares en deplorables condiciones, ríos secos, lagos pantanosos, con poca agua de calidad; podemos hablar que las siguientes generaciones ya no pelearán por el petróleo, o por las tierras como una forma de poder; la guerra se dará por la supervivencia, por poseer este líquido que hoy no es conscientemente importante para nosotros; por subsistir y asegurar la subsistencia de los nuestros, el agua entonces será considerada:

"El Futuro Oro Azul".



agua y sin agua.

⁷ Al referirme a actividades esenciales, me refiero a todas estas actividades que van relacionadas con la sobrevivencia de nosotros como especie: beber, asearnos (como prevención de salud).



1.1. Distribución mundial del agua

Nuestro planeta es conocido como “Planeta Azul”, esto se debe a que el 70% de su superficie se encuentra cubierta por agua; pero únicamente representa el 12%⁸ del volumen total del planeta. De toda el agua del planeta, el 97.5% es agua salada, que se encuentra principalmente en océanos y mares; únicamente el 2.5% se le considera agua dulce. El agua dulce a su vez está dividida, el 69% corresponde al agua congelada en los glaciares⁹, el 30% se encuentra conformado por aguas subterráneas; únicamente el 1% lo componen los ríos y los lagos¹⁰. (Fig. 2)

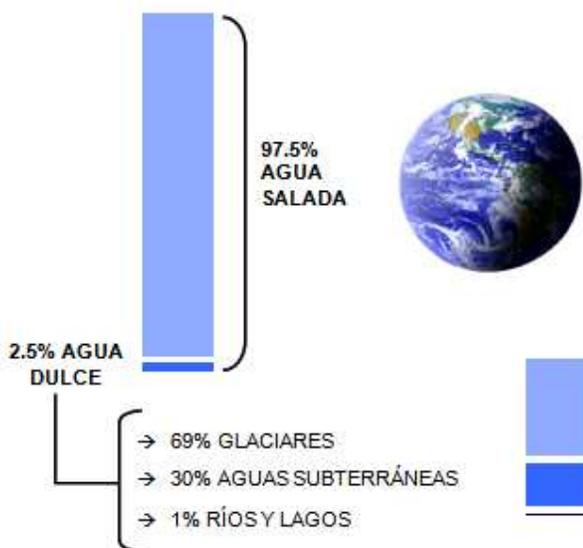


Fig. 2. Comparativa gráfica de los porcentajes de agua que existen en el planeta.

Poseemos menos agua de la que creemos. De toda el agua del planeta, únicamente el 0.025% es destinada al consumo humano, o lo que es igual, poseemos 328,548'000,000km³ para nuestro consumo¹¹, lo alarmante de este porcentaje es que al día de hoy el 70% ya presenta algún tipo de contaminación.



Fig. 3. Agua contaminada en Panamá

⁸ Ver Anexo 1.

⁹ Cabe señalar que este porcentaje está reduciendo, esto debido al calentamiento global, el agua dulce que corresponde al deshielo se está mezclando con el agua de mar, variando sus niveles de salinidad y disminuyendo el área firme donde algunos animales no marinos subsisten, provocando con esto la muerte de muchas especies que se desarrollan en esos lugares fríos.

¹⁰ SOLICLIMA Energía Solar, Reciclaje y Tratamiento de Aguas, última consulta: mayo de 2008,

http://www.soliclima.com/reciclaje_aguas.html

WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre, Agua, última consulta: mayo de 2008, última modificación: mayo de 2008,

<http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

¹¹ Si poseemos 1314192000000000km³ de agua en total y para consumo humano está destinado el 0.025%, esto quiere decir que para consumo humano se disponen de 328,548,000,000km³.

1.1. Distribución mundial del agua

El tiempo de renovación del agua del planeta, es muy diverso, como podemos observar en la Tabla 1. Por ejemplo, el agua que obtenemos de los ríos tarda en renovarse siete días; mientras que el agua que obtenemos de lagos de agua dulce, tarda en renovarse trescientos treinta días; también tomamos agua de los acuíferos, los cuales tardan en renovarse hasta trescientos años.

Tabla 1. Tiempo de renovación del agua por categorías¹²

CATEGORÍA	TIEMPO DE RENOVACIÓN
Atmósfera	7 a 10 días
Ríos	7 días
Lagos de agua dulce	330 días
Aguas interiores saladas	1 a 4 años
Acuíferos	60 a 300 años
Glaciares y nieves permanentes	12000 años
Océanos	300 a 11000 años

Prospectiva de la demanda de agua en México, 2000-2030

Lo anterior es muy importante entenderlo; ya que al momento de considerar el grado de contaminación que tenemos, contemplando que el tiempo de renovación es un ciclo natural, perdemos la oportunidad de seguir consumiendo de estos sitios hasta que el proceso de renovación descontamine de forma natural el agua.

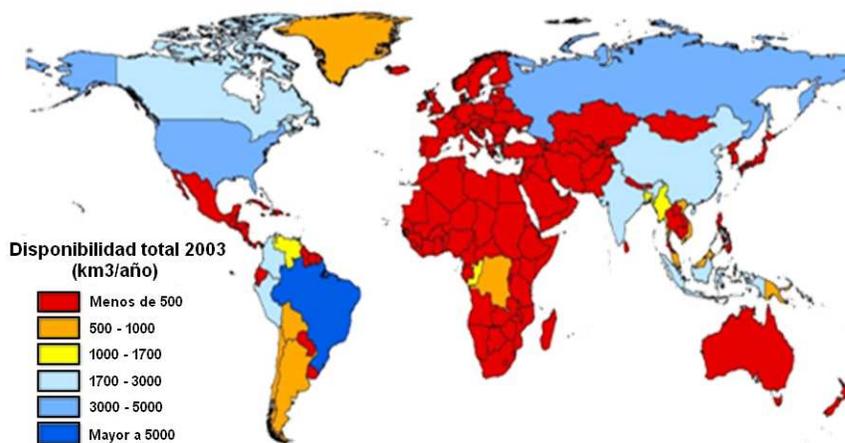


Fig. 4. Disponibilidad de agua total por país (2003)

La distribución desequilibrada del agua en el mundo forma parte muy importante de la problemática que estamos tratando; existen países que poseen menos agua que otros, ya sea por su ubicación, clima o mal cuidado del recurso.

En la Figura 4 se muestra la distribución del agua por países, cabe señalar que se toma la disponibilidad total del agua en el país, considerando no sólo la disponibilidad para consumo humano.

¹² Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra, **Prospectiva de la demanda de agua en México, 2000-2030**. México, 2004.



1.1. Distribución mundial del agua

Como podemos observar en el mapa, México se encuentra dentro de los países que se poseen serios problemas de disponibilidad de agua, ya que contiene 458km^3 de agua al año¹³; por tal motivo se encuentra en la sección de menos de 500km^3 . Debemos tomar en cuenta que la distribución que se maneja en nuestro país no se contempla de forma equitativa, sino es sólo el promedio. Por tal motivo existen zonas con una alarma mayor de falta de este recurso.

Se considera que un país de poca precipitación si posee menos de 500 mm anuales, en el planeta existen casos extremos:

Egipto con sólo 51mm y Papua (Nueva Guinea) con 3200mm.

Los lugares donde existen menos de 500mm están ubicados en países del norte de África, la Península Arábiga y el centro de Asia. Los lugares donde la precipitación es abundante se localizan entre el ecuador y los 15° de latitud norte o sur.

Por lo anterior se puede concluir que existe agua en el planeta, sólo que se encuentra distribuida de una forma desequilibrada para el consumo del ser humano, aunque esto no quiere decir que el planeta no se encuentre en equilibrio.

Lamentablemente somos una especie que devora los recursos naturales, que genera un desequilibrio en la naturaleza, y que por consiguiente no trata de frenar el problema ambiental que posee el planeta. Por lo tanto, consumimos el agua que está a nuestro paso, desechamos el agua sucia que ya no nos sirve, regresamos el agua sucia a los riachuelos o lagunas, de donde tomamos el agua que se supone está limpia, por lo tanto se generan aguas contaminadas desencadenando problemas de salud.

Si el agua se pudiera aprovechar racionalmente en los países donde la naturaleza no provee de gran cantidad de este líquido, pudiéramos reducir enfermedades, producto de agua contaminada, así como deshidratación debido a escasez de agua.

¹³ ACUAMUNDI, FAO Aquastat, Consulta: Noviembre de 2009, www.conagua.gob.mx



1.2. Importancia del agua

“Conservar el agua es proteger la vida”¹⁴

Esta frase, encontrada en el libro de “Agua. Usos, abusos, problemas, soluciones”¹⁵, engloba todo un problema. El agua forma parte de la vida cotidiana del hombre, por tal motivo, si se termina, también la vida. El hombre no está consciente del problema que está generando al utilizar sin conciencia este líquido.

Pero el agua esconde muchas funciones para que el hombre, los animales y plantas, en general toda la naturaleza, pueda mantenerse en equilibrio. A continuación menciono algunas de las funciones que desempeña este líquido vital:

- Después del aire que respiramos, el agua, es la sustancia más importante para la vida en la tierra, todas las formas de vida conocidas dependen de ella. Representa aproximadamente el 75% de la masa del cuerpo humano y es parte vital de muchos de nuestros procesos metabólicos.
- Es la única sustancia de la naturaleza que puede almacenar tanta energía, transportarla a lo largo de miles de kilómetros y liberarla días o semanas más tarde en algún otro lugar. Gracias a esta propiedad el Planeta Tierra puede mantenerse con un clima templado.
- Es el único disolvente y medio de transporte para muchas sustancias químicas presentes en la naturaleza.
- El agua le proporciona a la naturaleza todo lo que necesita para sobrevivir, así mismo arrastra muchos contaminantes, que, de no ser arrastrados, alterarían e incluso destruirían el equilibrio natural.

Como podemos observar, sin agua no hay vida, con esto se refuerza la frase que menciono al inicio de la página. El agua forma parte importante en nuestras vidas, debemos cuidarla, ya que de eso depende nuestra supervivencia.

¹⁴ Fundación Pedro y Elena Hernández.AC.

¹⁵ Agua. Usos, abusos, problemas, soluciones, Leonor Pintado y Guillermo Osorno Editores, 2006.



1.3. Ciclo natural ecológico Vs Ciclo urbano

Todos sabemos que el agua posee un ciclo natural, veamos que sucede si el agua cumpliera con ese ciclo:

El 20% del agua que cae es interceptada por las copas de los árboles, desde donde es devuelta a la atmósfera por evaporación; el 80% llega al suelo directamente o en descenso por los troncos, perdiéndose así el efecto erosivo de la lluvia, ya que al chocar sus gotas con las copas de los árboles, el agua disminuye su aceleración. El suelo sobre el cual está establecido un bosque es normalmente poroso, lo que permite que el agua que llega a la superficie del terreno se infiltre en él a través de sus poros. El 50% del agua infiltrada va a depósitos subterráneos y aflora en forma de vertiente, un 25% del agua infiltrada es usada por las plantas y devuelta a la atmósfera por la transpiración de los vegetales; y el 25% del agua restante es evaporada desde las capas superficiales del suelo y devuelta a la atmósfera, completándose así el ciclo del agua. El agua procedente de las lluvias que caen sobre los bosques nativos y las plantaciones forestales escurre lentamente a través de las copas y los troncos, llegando suavemente al suelo. Esto no sólo protege a los suelos de la erosión, sino que posibilita que a los cursos fluviales llegue agua de buena calidad y de alta pureza. Todos los bosques contribuyen a mejorar la calidad de las aguas, nunca a deteriorarla. (Fig. 5)



Fig. 5. Ciclo Hidrológico

Lamentablemente este ciclo se ve afectado cuando el espacio natural es modificado por el hombre en respuesta a una comodidad que hoy en día se pone en duda, terminando así con el ciclo natural del agua en las zonas de ciudades.

El agua de lluvia cae, una parte sigue cayendo en mares, ríos y lagunas, otra parte cae en la Ciudad, donde se sustituyó el suelo natural permeable por planchas asfálticas o de concreto que impiden el proceso de infiltración del agua en el subsuelo; en la Ciudad de México, ésta es la causa principal, junto con la explotación indiscriminada de los mantos acuíferos, del hundimiento de la Ciudad. El agua que caía en las zonas boscosas, antes retenían y regeneraban el agua, debido a la explotación forestal con fines comerciales, el suelo comienza a erosionarse destruyendo así la capacidad de conservación hídrica. Todo lo anterior genera regiones secas, el agua que posee la tierra va disminuyendo debido a la imposibilidad de retener el líquido; se rompe no sólo con el ciclo natural del agua, sino también con el equilibrio ecológico de la zona.



1.4. Crisis mundial del agua del siglo XXI

“El agua debe usarse, tratarse y reutilizarse, pues es finita, irrecuperable y limitada, por lo que es sumamente necesario recurrir a la tecnología para que vuelva a ser destinada para consumo humano o uso cotidiano”.¹⁶



undo de agua.

Vivimos en un planeta que posee gran cantidad de agua, es vergonzoso que se esté secando. El agua que existe en la Tierra la tenemos desde hace millones de años, por lo tanto la naturaleza es la productora y la primera dueña del agua. No puede haber bienestar sin acceso a agua suficiente y salubre.

El consumo mundial de agua aumentó seis veces entre 1900 y 1995, más del doble de la tasa de crecimiento de población, y se cree que esto seguirá aumentando. Para el 2025 se cree que países con escasez extrema de agua, como lo son hoy en día los países africanos, estarán sometidos a regímenes de racionamiento individual de agua; esto quiere decir que sólo se les dotará de la cantidad de agua necesaria para mantener los mínimos de una vida aceptable, en general se estima que un volumen aproximado de 30 litros de agua potable por persona al día¹⁷ es suficiente para cubrir solamente las necesidades de beber y las de saneamiento, aunque si también se incluye el agua necesaria para la cocina y el baño, esta cifra aumenta aproximadamente a 110 litros por persona al día¹⁸. Pero si esta cifra la referimos a que la población de una ciudad consume aproximadamente 91 metros cúbicos de agua por año¹⁹ ya resulta alarmante.

La crisis del agua es la faceta más aguda e invisible de la devastación ecológica de la Tierra. En 1998, 28 países experimentaron tensión o escasez hídrica. Se prevé que esta cifra aumentará a 56 países para el año 2025.

¹⁶ Marisa Mazari Hiriart, investigadora del Instituto de Ecología (IE), Excelsior, *Tratan Para Reutilizar 10 Por Ciento de Agua del País*, fecha de creación: 03 de abril de 2008, última consulta: mayo de 2008
<http://www.exonline.com.mx/diario/>

¹⁷ Esta cifra puede variar hasta los 40 litros por habitante por día

¹⁸ Esta cifra puede aumentar hasta los 200 litros por habitante por día. Gleick, P., Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs, *Internacional Water*, 21, 1996, p. 83 ss.

The World Water Crisis, marzo de 2001, junio de 2008, <http://www.worldwaterday.net/>

¹⁹ *Ibidem*.



1.4. Crisis mundial del agua del siglo XXI

El aumento de la población, el mal manejo del agua, el uso indiscriminado de las reservas subterráneas y el calentamiento global, son la causa principal de que las personas más pobres del planeta continúen con la problemática de escasez de agua.

Se dispone mundialmente de 12,500 a 14,000 millones de metros cúbicos de agua por año para uso humano, lo que representa aproximadamente 9,000 metros cúbicos por persona por año²⁰ y se proyecta que para el año 2025 la disponibilidad de agua dulce descenderá a 5,100 metros cúbicos por persona por año, al sumarse 2,000 millones de habitantes a la población del mundo. Esta cantidad sería suficiente para satisfacer las necesidades humanas, siempre y cuando el agua estuviera distribuida por igual entre los habitantes a nivel mundial.²¹

Lamentablemente esto no sucede, el agua no está distribuida equitativamente, en algunos casos no está donde se requiere, ni en la cantidad suficiente; en otros casos se cuenta con agua en el lugar equivocado y cuando no hace falta. También influye el tiempo, no se cuenta con la misma cantidad todos los meses del año, e incluso varía de un año a otro.

La distribución del agua en el planeta no es el único problema, lo alarmante es que hacia 1970 se consideraba ya, que la mitad del agua dulce del planeta Tierra estaba contaminada.

La Fig. 7 de la derecha muestra cómo se vive el problema en el continente Africano, cómo deben transportar el agua desde lugares lejanos y subsistir con agua de mala calidad.



Fig. 7. Problema del agua en África

²⁰ Según estimaciones de 1989. Clarke, R. Water: The International Crisis, Londres, Inglaterra, Earthscan, 1991, pp. 193.

²¹ AGUA.org.mx, *Cuánta Agua Tiene el Planeta*, IMAC, Diciembre de 2008, <http://www.imacmexico.org/>

1.5. Derecho humano al agua

Según la Declaración Europea por una Nueva Cultura del Agua, “la escasez de agua es presentada a menudo como el problema más grave del siglo XXI. Sin embargo, el problema no es tanto de escasez en términos de cantidad como de calidad. Asistimos a las trágicas consecuencias de una de las crisis ecológicas más graves jamás conocidas por el ser humano: la crisis ecológica de los ecosistemas acuáticos continentales”.

En el año 2000, 188 jefes de Estado y Gobierno se comprometieron a reducir a la mitad en quince años el porcentaje de personas sin acceso sostenido al agua potable y a saneamiento, como uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos por la ONU para 2015. A cuatro años de que expire este plazo, el cumplimiento está lejos. Cerca de mil millones de seres humanos carecen de agua potable y casi la mitad de la población del mundo vive sin saneamiento básico. Incluso si se acepta la existencia de un derecho humano al agua, ¿qué ventajas implica? Los imperativos de satisfacer las necesidades humanas básicas de agua van más allá de la moral, tienen su origen en la justicia y el Derecho y en las responsabilidades de individuos y gobiernos.²²

La declaración final de la famosa Conferencia sobre el Agua de Mar del Plata de 1977, reconoció expresamente el derecho de acceso al agua potable para satisfacer las necesidades básicas:

“todos los pueblos, cualquiera que sea su etapa de desarrollo y sus condiciones económicas y sociales, tienen derecho al agua potable en cantidad y calidad acordes con sus necesidades básicas”.

La Carta de Derechos de la nueva Constitución de Suráfrica, promulgada en 1994, ofrece un claro ejemplo de este reconocimiento. En su artículo 27(1) (b):

“Todas las personas tiene derecho a tener acceso a alimentos y agua suficiente.”

Reconocer el derecho al agua fomentaría que la comunidad internacional y los gobiernos nacionales dupliquen sus esfuerzos para satisfacer las necesidades básicas de agua de su población. Al reconocer el derecho al agua, es mucho más probable que existan presiones para que dicho derecho se traduzca en obligaciones legales y responsabilidades específicas a nivel nacional e internacional.

²² Xosé Ramil. Derecho Humano al Agua. Revista Fusión. Consulta: Noviembre de 2009. <http://www.revistafusion.com/>



1.5. Derecho humano al agua

Reconocer el derecho al agua mantiene un foco de atención en el deplorable estado de la gestión del agua en muchas partes del mundo. También ayuda a centrar la atención en la necesidad de tratar los conflictos sobre las cuencas internacionales con más amplitud de miras y resolver los conflictos sobre el agua compartida mediante la identificación de las exigencias de agua mínimas y el reparto entre todos los que comparten las cuencas.

El reconocimiento explícito de un derecho humano al agua puede ayudar a la hora de fijar las prioridades específicas de las políticas del agua. En concreto, la satisfacción de las exigencias de agua mínimas para que todos los seres humanos vean realizado este derecho debería tener prioridad sobre otras decisiones relacionadas con la gestión del agua y la inversión.

El derecho al agua no puede suponer el derecho a una cantidad ilimitada de agua, ni exige que el agua se suministre de forma gratuita²³.

El derecho humano al agua, implica que el agua debe cumplir con ciertos requisitos:

- ▶ Disponibilidad: abastecimiento continuo y suficiente para usos personales y domésticos.
- ▶ Calidad: salubre, sin microorganismos patógenos, sustancias químicas o radiactivas dañinas a la salud.
- ▶ Accesibilidad:
 - a) Física: servicio al alcance físico de todos los sectores de la población.
 - b) Económica: servicio a un costo asequible que no comprometa el ejercicio de otros derechos.
 - c) No discriminación: servicio para todos.²⁴

²³ Peter H. Gleick. El derecho humano al agua. Consulta: Noviembre de 2009. <http://www.pacinst.org/publications/>

²⁴ Derecho Humano al Agua, Observación General 15, Artículo 11 y 12.



1.6. ¿Qué se hace en el mundo para combatir la escasez de agua?

En el mundo se comienzan a desarrollar alternativas para aminorar el problema de escasez de agua, para aprovecharla racionalmente y tratando de no afectar el medio ambiente.

- ▶ CHIPRE – Departamento de Desarrollo Hídrico: Conservación del agua potable mediante el reuso de aguas tratadas grises (para inodoros y riego de jardines) a nivel doméstico.
- ▶ JAPÓN – Proyecto Internacional del Agua (IWP): Transferencia de tecnología kazuabori y el desarrollo sustentable comunitario del agua.
- ▶ SUIZA – Instituto Federal Suizo para Ciencias Acuáticas y Tecnología / Departamento de Agua y Saneamiento para Países en Vías de Desarrollo (EAWAG / SANDEC): Promoción y difusión de la desinfección solar del agua (SODIS).
- ▶ FINLANDIA – Universidad Politécnica de Ciencias Aplicadas de Tampere: Ahorro de agua – promoción de saneamiento ecológico y uso de inodoros secos en Finlandia.
- ▶ EUA – Instituto Politécnico de Massachusetts (MIT): Diseminación del filtro de Arsénico kanchan en la región rural de Nepal a través de un modelo de empresarios locales.
- ▶ HOLANDA – Red de Implementación de Agua de Lluvia, Fundación RAIN: Hacia el aumento en la recolección de agua de lluvia en Etiopía.
- ▶ CANADÁ – Centro para el Acceso a la Tecnología en el Agua y Saneamiento: Transferencia de tecnología para el tratamiento de aguas domésticas en Haití, un caso de estudio en un programa replicable.
- ▶ TUVALU – Departamento del Medio Ambiente de Tuvalu: Mejorando los sistemas de saneamiento para proteger los recursos de agua dulce en Tuvalu.
- ▶ SINGAPUR – Organismo Operador Público de Singapur (PUB): Experiencia de Singapur en el manejo de recursos hídricos – Agua para Todos: Conservar, Valorar y Disfrutar.²⁵

Si observamos bien, en el mundo se desarrollan todos los pasos para crear un aprovechamiento racional del agua completo: usar agua potable sólo en actividades que lo requieran, captar agua pluvial, usar tecnologías ahorradoras de agua, tratando y/o reutilizando el agua gris y apoyando todas estas actividades con difusión de información y cultura ambiental.

²⁵ Estos proyectos se dieron a conocer en el VI Foro Mundial del Agua, el cual se llevó a cabo en México en marzo de 2006.



Capítulo 2. Agua en México

El conflicto del agua en México no varía mucho de lo que se observa a nivel mundial; por un lado el desequilibrio en la distribución genera que existan zonas con problemáticas más críticas que otras; por otro lado, la contaminación también forma parte importante del problema, la falta de conciencia hace que el agua se contamine sin pensar que el problema va a regresar a ellos.

Al usar el agua potable que nos llega todos los días de la red pública, nunca pensamos de dónde viene o a dónde va; el problema se presenta cuando ya no llega la misma cantidad de agua a nuestras viviendas, o lo que es peor, ya no llega. Es este el momento en que nos preocupamos por el agua, tratamos de ahorrar, de no gastar más de lo debido, pero no tomamos medidas extremas ante esta situación.

El agua que utilizamos en la Ciudad de México es obtenida del Sistema Cutzamala (28.3%), del Sistema Lerma (13%), Manantiales del Sur-Poniente de la Ciudad (9.4%); pero también procede en gran parte de los mantos acuíferos (49.3%), debido a que éstos no son recargados adecuadamente ha desencadenado el hundimiento de la Ciudad.

Nosotros nos deshacemos del “agua sucia”²⁶ por medio de la red de drenaje público; en ésta se vierten aguas de todo tipo: industriales, domésticas, pluviales, entre otras, que son mezcladas y sin un proceso de tratamiento adecuado, son arrojadas a mares, ríos y lagos; los desencadenando contaminación y lo más grave: focos de infección. (Fig. 1)

El agua de la vivienda la usamos indiscriminadamente; la utilizamos para el inodoro, riego o aseo de la vivienda, y es de la misma calidad que el agua que usamos para asearnos, realizar las actividades relacionadas con la cocina e incluso en algunos casos, es de la misma calidad que el agua que bebemos. (Fig. 2)



Fig. 1. Desagüe de vivienda a canales en Xochimilco.



Fig. 2. Uso de agua potable en WC.

²⁶ Llamándole agua sucia a toda el agua que desechamos, considerándola inservible.

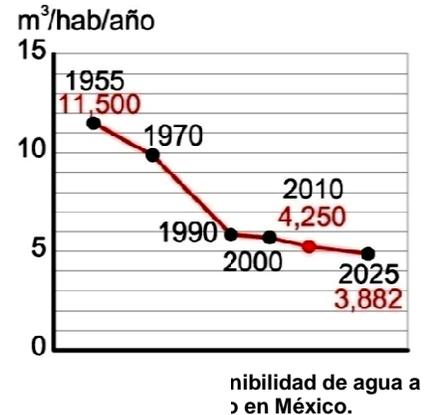
2.1. Distribución del agua en México

Si pudiéramos juntar el agua disponible para el hombre que posee México y la dividiéramos entre el número de habitantes, tenemos una comparativa a través del tiempo muy interesante:

En 1955 disponíamos de $11,500\text{m}^3$ por habitante al año, lo que es igual a 31,500 litros por habitante al día. Si trasladamos esta cifra a los datos que podemos obtener hoy acerca de la disponibilidad de agua, esos $11,500\text{m}^3$ se reducen considerablemente a $4,250\text{m}^3$ por habitante al año, lo que es igual a 11,600 litros por habitante al día. Esto significa que en 55 años disminuyó a una tercera parte el agua disponible en nuestro país y de no actuar va a seguir decreciendo (Fig. 3).

Podríamos pensar que 11,600 litros por habitante al día es una dotación excesiva; con la cual en teoría, no deberíamos de tener problema alguno; pero el agua no se encuentra equitativamente distribuida a lo largo del país y mucho menos en el planeta. En México también poseemos variaciones grandes de disponibilidad de agua; tenemos zonas extremas, las cuales podemos observar en la Fig. 4. La zona noroeste de la República Mexicana, caracterizada por un clima árido seco, en promedio posee una disponibilidad de agua de $1,835\text{m}^3$ por habitante al año, mientras que en la zona sureste, la cual posee un clima húmedo tropical, la disponibilidad de agua es de $13,900\text{m}^3$ por habitante al año. Dentro de estas variantes tenemos dos casos extremos, uno es el de Baja California Norte, el cual sólo dispone de $1,336\text{m}^3$ por habitante al año; mientras que Chiapas posee $24,674\text{m}^3$ por habitante al año.

Podemos establecer de diferentes formas la disponibilidad de agua que existe en cualquier país. México cuenta con 772 mm de precipitación pluvial anual y está clasificado entre los países con abundante disponibilidad de agua, sin embargo también posee una alta tasa de evapo-transpiración la cual disminuye en un 73 % del total de agua de lluvia, esto quiere decir que México tiene aproximadamente 472 kilómetros cúbicos por año, pero no sólo es para consumo humano, sino también para mantener los ecosistemas.²⁷



²⁷ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, SEMARNAT, México D.F., 2002



2.2. Crisis del agua en México

Centrándonos en la problemática de la Ciudad de México; con el crecimiento masivo de la mancha urbana en la década de los setentas, con ello la improvisación de ciudades, se generaron inmensos paisajes deplorables de extensas planchas de concreto contenidas en redes asfálticas; las cuales, rompen con el ciclo natural del agua, dando como consecuencia el decrecimiento o desecamiento de lagos y ríos (Fig. 5.), así como el hundimiento de la ciudad debido a la sobreexplotación y falta de recarga de los mantos acuíferos²⁸. Lo anterior ha propiciado que el agua sea trasladada de otros lugares²⁹, aún así no es suficiente para abastecer de agua potable a toda la ciudad; por lo tanto existe una gran cantidad de viviendas que cuentan con un servicio irregular de agua potable, estas viviendas nunca fueron proyectadas para sufrir este problema, por lo cual no poseen ningún sistema de ahorro de agua, recolección de agua pluvial o mínimo de reciclamiento de aguas grises.



Canal de la Viga. Esta fotografía fue tomada a principios de siglo por el artista alemán Hugo Brehme.



Calzada y canal de la Viga en 1930.



Calzada de la Viga en 1957.



Calzada de la Viga en 2008.

Fig. 5. Ejemplo de la transformación irracional de la Ciudad de México. Proceso de Canal de la Viga a Calzada de la Viga.

²⁸ En la cuenca del Valle de México se emplean 73 metros cúbicos por segundo, 75% de la cual es extraída de acuíferos, y sólo se recuperan casi 30 metros cúbicos.

²⁹ El Río Lerma en la década de los setentas, después el Sistema Cutzamala.

2.2. Crisis del agua en México

El agua en la vivienda mexicana se utiliza en diversas actividades como lo son: el aseo personal y de la casa, y el uso en diversos muebles de baño; cabe señalar que no existe un orden en su uso, esto es debido a que el agua que se utiliza para los inodoros es de la misma calidad que la que se utiliza al asearse, lavar trastes, e incluso en algunos casos es igual a la que se utiliza para beber. Esto se presenta por dos razones, primero por falta de información y segundo por la falta de cultura ecológica; debido a esta última se construyen viviendas en serie, cuyo objetivo único es el máximo aprovechamiento del suelo para obtener una mayor remuneración económica.

En promedio, los habitantes de la Ciudad de México recibimos 33,300 litros por segundo de agua a través de aproximadamente 13'352,000 Km de tuberías. Esta longitud equivale a más de cuatro viajes de ida y vuelta del Distrito Federal a la ciudad de Mérida, Yucatán, por carretera. Con este caudal, el 98% de la población cuenta con el servicio, mientras que el resto es abastecido por pipas e hidrantes públicos.

En la Ciudad de México se tienen identificadas zonas donde el suministro de agua potable posee problemas graves, entre las delegaciones que posee ciertos problemas, como suspensiones horarias y/o baja presión, se ubican las siguientes:

Azcapotzalco:	11 colonias con problemas, 6 colonias con problemas graves.
Tlalpan:	8 colonias con problemas, 8 colonias con problemas graves.
Álvaro Obregón:	19 colonias con problemas, 4 colonias con problemas graves.
Iztapalapa:	19 colonias con problemas, 4 colonias con problemas graves.
Magdalena Contreras:	4 colonias con problemas, 4 colonias con problemas graves.
Venustiano Carranza:	8 colonias con problemas.
Miguel Hidalgo:	7 colonias con problemas.
Benito Juárez:	5 colonias con problemas.
Iztacalco:	4 colonias con problemas.
Cuauhtemoc:	4 colonias con problemas.

En México sólo el 10% de agua es tratada para su reuso y de no tomarse medidas serias, en poco tiempo no habrá qué beber³⁰, por lo cual el cuidado del agua a través de los años ha tomado importancia.

³⁰ Apud. Marisa Mazari Hiriart. *Op. Cit.*



2.2. Crisis del agua en México

La falta de cultura ecológica hace que cada día dos millones de toneladas de desechos sean arrojados a los cursos de agua³¹. La Ciudad de México posee un promedio de consumo de agua de 360 litros por habitante al día³², si lo comparamos con los mínimos de agua para una vida aceptable³³, podemos darnos cuenta que el consumo es ocho veces mayor.

Si trasladamos a la Ciudad de México los puntos contenidos en el derecho humano al agua; la disponibilidad en algunas colonias no se cumple, debido a que les suministran agua por tandeo y en algunos casos deben solicitar pipas para desarrollar sus actividades. La calidad del agua se ve afectada por la falta de mantenimiento a las redes de agua, algunas viviendas son dotadas con agua de color verdoso o café, las cuales deben dejar reposar el agua para después hervirla y poder utilizarla. En cuanto a la accesibilidad, el agua está al alcance de todos; el problema comienza cuando hablamos de pipas, ya que los precios y el tiempo de entrega son excedidos; además, el servicio no se suministra de la misma forma a toda la población: personas con nivel económico más bajo, poseen más problemas en el suministro de este líquido, esto se puede comprobar en algunas colonias de la Delegación Iztapalapa³⁴.

Hoy en día vivimos la escasez de agua potable que sufre la Ciudad de México, se prevé que para el 2025 el agua potable sea escasa en casi todo el país³⁵. El uso irracional del agua potable, la desigualdad en la disponibilidad del agua, la inconsciencia de verter agua contaminada a ríos, lagos y mares sin un previo tratamiento, la falta de un modelo adecuado para el correcto aprovechamiento de la misma, son algunos de los problemas que giran en torno a esta situación.

Adoptando la frase de la Lic. Ma. De la Luz Estupiñán: “Si continuamos haciendo las cosas como hasta ahora las hemos hecho, obtendremos siempre los mismos resultados”³⁶, es el momento de mostrar un cambio y proponer soluciones que si pueden adaptarse a la forma de vida de la Ciudad de México.

El problema a solucionar no necesita de una sola línea de ataque, ya que son muchos factores los que interactúan. Ante esto, algunos autores proponen soluciones que pueden combatir el problema del agua.

³¹ AGUA.org.mx, *Aunque Usted no lo Crea*, IMAC, Diciembre de 2008, http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17442_208&ID2=DO_TOPIC

³² *Los números del Agua en México*, abril de 2009, www.tlalpan.df.gob.mx, www.obras.df.gob.mx

³³ 40 litros por habitante al día. *Op. cit.* Gleick, P.

³⁴ Leticia Castañeda, “**La Odisea del Agua en Iztapalapa**”, *DiáCRÓNICA*, Suplemento Semanal del Periódico LA CRÓNICA, año 1, número 8, 25 de mayo de 2009.

³⁵ *La Naturaleza del Agua*, última consulta: mayo de 2008, http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/CAgua.html

³⁶ Lic. Ma. De la Luz Estupiñán Herrera M.A., “**Cultura ecológica en México**”, *Revista: Calidad Ambiental*, elemento esencial para el desarrollo sostenible, ISSN:1405-1443, volumen X/num. 2, marzo/abril, 2005, p. 5.



2.3. Consumo real de agua en la Ciudad de México

Para poder analizar el consumo real de agua, debemos referirnos a que la Ciudad de México posee un promedio de utilización de agua de 360 litros por habitante al día³⁷, a pesar de que el Reglamento de Construcción de la Ciudad de México marca 150 litros por habitante al día, algunos autores marcan otras dotaciones:

Por ejemplo Armando Deffis³⁸ señala que las ciudades en promedio utilizan 200 litros por habitante al día, los cuales se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 1. Usos del agua

Uso	Litros al día por persona	% del total de agua
Inodoro	100	50
Aseo personal	50	25
Lavado de ropa	20	10
Cocina	20	10
Otros	10	5
Dotación	200	100

En este ejemplo se muestra que el 50% del total del agua se gasta en el inodoro, seguido del aseo personal, esta proporción no se adapta al tipo de utilización que se presenta hoy en día en la Ciudad, esto debido a que los integrantes de las familias la mayoría del tiempo se encuentran desarrollando actividades fuera del hogar, como estudiar y trabajar.

Por otro lado Héctor F. Ponce Zepeda³⁹ desarrolla la siguiente proporción:

Tabla 2. Consumo de agua en litros por persona al día

	Campo	Ciudad
Beber y comer:	3	3
Aseo personal:	25	80
Aseo casa y ropa:	25	50
WC:	0	45
Tirar químicos y otros:	0	20
TOTAL	58	198

³⁷ Op. Cit. *Los números del Agua en México*

³⁸ Deffis Caso, Armando, *La Casa Ecológica Autosuficiente. Para Climas Templado y Frío*, primera edición, Árbol Editorial S.A. de C.V., México 1994

³⁹ Ponce Zepeda, Héctor F., *Tratamiento y conservación de agua potable*, abril de 2009, esterilaqua@yahoo.com.mx



2.3. Consumo real de agua en la Ciudad de México

En este caso se observa que el consumo de agua en campo varía a la disposición en una ciudad, esto significa que en el campo pudieran no tener la infraestructura para que el agua llegue hasta la vivienda, por tal motivo, el agua es cuidada y utilizada en las actividades donde su uso es indispensable.

Al encuestar a algunas personas de esta Ciudad⁴⁰, obtuve la siguiente proporción:

Tabla 3. Agua Ciudad de México por persona al día

Ducha:	100 litros
WC:	50 litros
Lavado de ropa:	30 litros
Lavado de loza	27 litros
Riego:	8 litros
Lavar y cocinar alimentos:	15 litros
Otros usos:	20 litros
TOTAL:	250 litros

En este caso podemos observar que las proporciones son más reales, esto es debido a que las personas que utilizan el agua en la Ciudad de México gastan en promedio 250 litros por persona al día⁴¹, esto suele variar al contemplar que una persona puede estar o no estar todo el día en la vivienda.

Por ejemplo:

Una persona que trabaja en promedio está fuera de su casa 8 horas, al sumar las horas que gasta en transporte, podemos decir que se encuentra fuera casi 10 horas, al contemplar esto, el gasto de WC, lavado de loza, lavar y cocinar alimentos, se ve afectado. Por el lado de las personas que estudian, pueden desarrollar las actividades normales de una persona que se encuentra en casa todo el día, pero debemos descontar las veces que utiliza el inodoro, el mingitorio y el lavabo mientras se encuentran en la escuela.

⁴⁰ Datos obtenidos de entrevista verbal con 40 personas de esta ciudad (dos, Milpa Alta, tres Tlalpan, dos Xochimilco, cinco Iztapalapa, tres Coyoacán, seis Álvaro Obregón, tres Venustiano Carranza, siete Gustavo A. Madero, nueve Azcapotzaco) tomando en cuenta tiempo de actividades, agua derramada por tiempo o número de veces de actividad desarrollada. El cálculo fue realizado en un programa llamado AQUA (de mi autoría), el cual se diseñó para obtener el agua gastada de manera personal.

⁴¹ Posee un promedio de 253 litros por persona al día, este número varía al que proporciona CONAGUA, además de ser un dato un año más actual, noté que la mayoría de las personas entrevistadas trata de ahorrar agua en ducha, lavado de trastes y ropa, en algunos casos se menciona el reciclaje en inodoro.



2.3. Consumo real de agua en la Ciudad de México

Una persona que trabaja o estudia entonces tendría la siguiente proporción:

Tabla 4. Consumo real de personas que trabajan o estudian (litros por persona al día)

	Trabajador	Estudiante
Ducha:	100 litros	100 litros
WC:	38 litros	44 litros
Lavado de ropa:	30 litros	30 litros
Lavado de loza	13.5 litros	27 litros
Riego:	8 litros	8 litros
Lavar y cocinar alimentos:	7.5 litros	15 litros
Otros usos:	10 litros	10 litros
TOTAL:	207 litros	234 litros

Por lo anterior podemos deducir lo siguiente:

Tabla 5. Uso real del agua por persona al día

	Personas que permanecen en casa	Personas que trabajan	Personas que estudian
Ducha:	100 litros	100 litros	100 litros
Lavado de loza	27 litros	13.5 litros	27 litros
Lavar y cocinar alimentos:	15 litros	7.5 litros	15 litros
Otros usos:	20 litros	10 litros	10 litros
Lavado de ropa:	30 litros	30 litros	30 litros
WC:	50 litros	38 litros	44 litros
Jardín:	8 litros	8 litros	8 litros
TOTAL:	250 litros	207 litros	234 litros

Descarga de actividades que pueden ser utilizadas para reciclaje de agua gris.

Actividades donde pueden ser reutilizadas las aguas grises.



2.4. ¿Qué se hace en México para combatir la escasez de agua?

En México también se desarrollan algunas alternativas para aminorar el problema de escasez de agua, para aprovecharla racionalmente y tratando de no afectar el medio ambiente. Algunos ejemplos de propuestas que se dan en nuestro país son las siguientes:

- ▶ **Universidad Nacional Autónoma de México:** TESIS: “El Agua Recurso Natural No Renovable. Alternativas Tecnológicas Para Mejorar la Calidad de Vida”. Caso de Estudio: Delegación Cuajimalpa de Morelos, D. F., Autor: Aarón José García Gómora. 2007.
- ▶ **Universidad Nacional Autónoma de México:** TESIS: “Cosecha de Agua. Una Alternativa de Suministro de Agua en la Zona Sur de la Ciudad de México”. Autor: Faustino Octavio Ruiz Abarca, 2008.
- ▶ **Universidad Nacional Autónoma de México:** TESIS: “Tratamiento de Aguas Grises por Rectificación de Espuma Y Precipitación”. Autor: Q. Carlos Alberto Sagrado Suazo. Tutor: Dr. Jesús Gracia Fadrique, 2007.
- ▶ **Fideicomiso de Infraestructura Ambiental del Istmo:** Implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales y semi-urbanas con auto-financiamiento y operación sustentable.
- ▶ **Corazón de la Tierra:** Programa de desarrollo sustentable de la sierra Cóndiri-Canales, Jalisco, México.
- ▶ **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior en Ensenada (CICISE):** Bioremediación de aguas residuales mediante tapetes microbianos construidos, mitigación ambiental de la bahía de Ensenada y recuperación del agua, un modelo aplicable a municipios costeros.
- ▶ **Ingenio El Carmen S.A. de C.V.:** Uso y aprovechamiento de aguas residuales “vinaza”.
- ▶ **Instituto Politécnico Nacional:** Innovación tecnológica en el tratamiento de aguas residuales domésticas en viviendas rurales que no cuentan con drenaje.
- ▶ **Consejo Consultivo del Agua en México:** Campaña de cultura del agua 2004-2005.



2.4. *¿Qué se hace en México para combatir la escasez de agua?*

- ▶ **PUBLICACIÓN: Calidad Ambiental. Elemento Esencial Para el Desarrollo Sostenible, Volumen: X, Número: 4, Fecha: Julio/Agosto de 2005, p.9-12: “La Importancia del Tratamiento de Aguas Residuales y el Uso Benéfico de Biosólidos en México”.** Autores: Dr. Ricardo Mata-González, Dr. Juvenal Gutiérrez Castillo, Dr. Pedro Jurado Guerra.

En nuestro país se desarrollan muchas alternativas que generan un consumo racional del agua; por ejemplo: la Universidad Nacional Autónoma de México posee varias tesis de maestría y doctorado, procedentes de diversas áreas de conocimiento, que se preocupan por el tema del agua en México, que proponen soluciones que posiblemente no solucionen todo el problema, pero que generan un resultado positivo al intentar aminorar el problema.

No solo nuestra Universidad está trabajando sobre el tema, sino que otras universidades, instituciones y organizaciones públicas y privadas están alzando la mano para dar a conocer las nuevas propuestas de aprovechamiento racional del agua.

En este trabajo se hablará más adelante acerca de la tesis elaborada por el Maestro en Química Carlos Alberto Sagredo Suazo, la cual es titulada “Tratamiento de Aguas Grises por Rectificación de Espuma Y Precipitación”, la cual será analizada en el Capítulo 4 de este documento.

Lamentablemente en nuestro país existen pocas iniciativas con respecto al aprovechamiento de las aguas grises, por tal motivo, en capítulos posteriores se abordarán ejemplos de países diversos, sin olvidar el nuestro.



2.5. Marco legal

Para controlar el agua en México, presento las normas mexicanas relacionadas con el agua, para este trabajo no me sirven todas las normas que menciono, sin embargo es indispensable conocerlas para poder tener un panorama amplio de la legislación del país:

- ▶ Normas oficiales mexicanas ecológicas y del sector del agua.

NOM-001-SEMARNAT-1996⁴²

Establece los límites máximos permisibles de contaminación en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el día 6 de enero de 1997 y entró en vigor al día siguiente.

- ➔ Para este trabajo, esta norma no es indispensable, aunque si se tratara de generar una solución de contaminación por drenaje arrojado a algún cause o suelo, debemos tomar en cuenta que el agua no puede ser vertida sin contemplar los límites que se mencionan.

NOM-002-SEMARNAT-1996

Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Esta norma fue publicada en el DOF el día 3 de junio de 1998 y entró en vigor al día siguiente.

- ➔ Esta norma pareciera ser ridícula, en nuestra ciudad los límites permisibles de contaminantes son considerados por la industria, hospitales y edificios que pudieran desechar sustancias peligrosas. Pero al momento de referirnos a la vivienda, el uso que le damos al agua no está controlada a detalle, quién de toda la población antes de verter algún tipo de detergente o algunas sustancias que empleamos en la vivienda, nos detenemos a leer los ingredientes, investigar el efecto contaminante que tienen al arrojarse al agua o simplemente preguntarse si contaminará.

⁴² SEMARNAT - Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales



2.5. Marco legal

NOM-003-SEMARNAT-1997⁴³

Establece los límites máximos permisibles de contaminación para las aguas residuales que se re-usen en servicios al público. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de septiembre de 1998 y entró en vigor al día siguiente.

- ➔ Para este trabajo, esta norma pudiera parecer indispensable, aunque como comentaba en el capítulo anterior, existe poca legislación que va relacionada con el reuso, la mayoría van encaminadas al reuso de aguas residuales, pero es casi nula la legislación que respecta al reuso de aguas grises.

NOM-004-SEMARNAT-2002

Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Esta norma fue publicada en el DOF el 15 de agosto de 2003 y entró en vigor al día siguiente.

- ➔ En este caso podemos observar el tipo de reuso que se le pueden dar a los lodos producto del tratamiento del agua, aunque existen algunos tipos de tecnologías que generan muy poco desecho.

NOM-083-SEMARNAT-2003

Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias a un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esta norma fue publicada en el DOF el 20 de octubre de 2004 y entró en vigor a los 60 días naturales posteriores de su publicación.

- ➔ Al referirnos al tema de vivienda, esta norma no es aplicable, pero si nos referirnos a un conjunto habitacional o a una pequeña Ciudad, la norma podría ser considerada.

NOM-022-SEMARNAT-2003

Establece las especificaciones para la preservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Fue

⁴³ SEMARNAT - Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales



2.5. Marco legal

publicada en el DOF el 10 de abril de 2003 y entró en vigor a los 60 días naturales posteriores de su publicación. Existe un acuerdo que adiciona la especificación 4.43 a esta norma, que establece las especificaciones para la preservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 7 de mayo de 2004 y entró en vigor al día siguiente.

- Esta norma, aunque posea un tipo de tratamiento de aguas grises, este tipo de humedales son naturales, por lo tanto corresponde al cuidado ambiental.

NOM-141-SEMARNAT-2003⁴⁴

Establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y pos operación de presas de jales. Se publicó en el DOF el 13 de septiembre de 2004 y entró en vigor a los 60 días naturales posteriores de su publicación.

- Al igual que el anterior, se refiere a presas de magnitudes mayores a las de una vivienda.

NOM-001-CNA-1995⁴⁵

Sistemas de alcantarillado sanitario. Especificaciones de hermeticidad. Se publicó en el DOF el 11 de octubre de 1996 y entró en vigor el 8 de febrero de 1997.

- Al momento de referirnos al alcantarillado, es una norma que sale de nuestro tema; pero aborda un rubro importante, la hermeticidad, la cual debe de ser contemplada para el mayor aprovechamiento del agua de cualquier tipo.

NOM-002-CNA-1995

Toma domiciliaria para abastecimiento de agua potable. Especificaciones y métodos de prueba. Se publicó en el DOF el 14 de octubre de 1996 y entró en vigor el 12 de abril de 1997.

⁴⁴ SEMARNAT - Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

⁴⁵ CNA – Comisión Nacional del Agua



2.5. Marco legal

- Esta también va relacionada, aunque no directamente, nos sirve de de esta norma el agua potable posible que podemos obtener de la red pública.

NOM-003-CNA-1996⁴⁶

Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 3 de febrero de 1997 y entró en vigor el 4 de mayo de 1997.

- En esta norma se habla de pozos de extracción, el agua del subsuelo puede ser utilizada, pero posee medidas para no ser contaminada; aunque no menciona algo que nos controle la cantidad de agua obtenida por este medio; de nada sirve no contaminarla, si estamos sobrepasando el nivel de consumo, perjudicando su capacidad.

NOM-004-CNA-1996

Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general. Fue publicada en el DOF el 8 de agosto de 1997 y entró en vigor el 3 de febrero de 1998.

- Al igual que la norma anterior, existe poca legislación con respecto a la cantidad a extraer.

NOM-005-CNA-1996

Flujómetros. Especificaciones y métodos de prueba. Fue publicada en el DOF el 25 de julio de 1997 y entró en vigor el 21 de enero de 1998.

- Esta norma es importante, debido a que al momento de plantear el reuso de agua gris, que se reutilizará en actividades que no requieran de agua potable, como es el caso de este tipo de mobiliario, debemos tomar en cuenta el consumo, el funcionamiento y la frecuencia de uso.

⁴⁶ CNA – Comisión Nacional del Agua



2.5. Marco legal

NOM-006-CNA-1997⁴⁷

Fosas sépticas prefabricadas. Especificaciones y métodos de prueba. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 29 de enero de 1999 y entró en vigor al día siguiente.

- Esta norma, a pesar de que no se refiere al tratamiento de agua gris, es importante, debido a poder implementar alguna de sus especificaciones en el modelo que resultará de este trabajo.

NOM-007-CNA-1997

Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua. Fue publicada en el DOF el 1 de febrero de 1999 y entró en vigor el 1 de junio de 1999.

- Esta norma se considerará al momento de generar, de ser necesario, un tanque donde se contendrá el agua gris tratada para su reuso.

NOM-008-CNA-1998

Regaderas empleadas en el aseo corporal. Especificaciones y métodos de prueba. Fue publicada en el DOF el 25 de junio de 2001 y entró en vigor el 22 de diciembre de 2001.

- Esta norma es muy importante, debido a que nos indicará las características de la fuente más grande de agua gris, también se especifica el Grado Ecológico, el cual puede ser obtenido cuando el gasto mínimo de la regadera sea menor a 3.8 litros por minuto.

NOM-009-CNA-1998

Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba. Fue publicada en el DOF el 2 de agosto de 2001 y entró en vigor el 30 de noviembre de 2001.

⁴⁷ CNA – Comisión Nacional del Agua



2.5. Marco legal

- Como lo dije en la norma NOM-005-CNA-1996, los inodoros son una parte muy importante de esta investigación, aún más que los que son por fluxómetro, determina el consumo y el uso que se le da. Se especifica también el Grado Ecológico, el cual se otorga cuando el consumo de agua del inodoro sea menor a cinco litros por descarga.

NOM-010-CNA-1999⁴⁸

Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro. Especificaciones y métodos de prueba. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de septiembre de 2003 y entró en vigor el 29 de febrero de 2004.

- Igual que en el anterior, es importante conocer todas las partes para poder determinar el mejor proceso de tratamiento.

NOM-011-CNA-2000

Conservación del recurso agua. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Fue publicada en el DOF el 17 de abril de 2002 y entró en vigor el 17 de junio de 2002.

- Esta norma nos sirve para el análisis general de la situación del agua.

NOM-013-CNA-2000

Redes de distribución de agua potable. Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba. Fue publicada en el DOF el 4 de febrero de 2004 y entró en vigor el 3 de junio de 2004.

- Esta norma nos sirve para una visión general de la disponibilidad de agua potable que podemos poseer.

⁴⁸ CNA – Comisión Nacional del Agua



2.5. Marco legal

- Normas oficiales mexicanas de la Secretaría de Salud.

NOM-013-SSA1-1993⁴⁹

Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 12 de agosto de 1994 y entró en vigor al día siguiente.

- Esta norma podría aplicarse en los requisitos que debe cumplir una cisterna portátil, que posiblemente se pudiera aplicar.

NOM-014-SSA1-1993⁵⁰

Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de almacenamiento públicos y privados. Fue publicada en el DOF el 12 de agosto de 1994 y entró en vigor al día siguiente.

- Aunque no voy a generar un análisis por muestreo de la calidad del agua, es indispensable saber su procedimiento.

NOM-127-SSA1-1994

Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Fue publicada en el DOF el 18 de enero de 1996 y entró en vigor al día siguiente. El 22 de noviembre de 2000 se publicó en el DOF una modificación que entró en vigor a los 90 días naturales posteriores de su publicación.

- Esta norma es indispensable, para saber los límites de calidad para el reuso de las aguas grises.

NOM-179-SSA1-1998

Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público. Fue publicada en el DOF el 24 de septiembre de 2001 y entró en vigor al día siguiente.

⁴⁹SSA – Secretaría de Salud
⁵⁰ SSA – Secretaría de Salud



2.5. Marco legal

NOM-230-SSA1-2002

Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo. Fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 18 de enero de 1996 y entró en vigor al día siguiente. El 22 de julio de 2005 y entró en vigor a los 60 días naturales posteriores de su publicación.

- Aunque va relacionado al los sistemas de abastecimiento, podemos ver las disposiciones que se marcan para el manejo del agua.

NMX-AA-120-SCFI-2006⁵¹

Establece los requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas. Fue publicada en el DOF el 6 de julio de 2006 y entró en vigor a partir de la fecha de publicación.

- Esta norma posee la legislación con respecto a las playas, la cual no aplica para este trabajo.

⁵¹ SCFI - Secretaría de Comercio y Fomento Industrial



Capítulo 3. Aguas Grises

La reutilización del agua es un fenómeno que se produce en el planeta desde que los seres vivos existen sobre él, lo cual se conoce como el Ciclo Hidrológico. El agua evapotranspirada por las plantas se acumula en la atmósfera en forma de vapor de agua, desde donde cae posteriormente sobre el suelo en forma de lluvia, para ser utilizada de nuevo por otros seres vivos. Se estima aproximadamente que en el ciclo del agua se realizan de 5 a 6 usos antes de evaporarse en el follaje, la tierra, los ríos, lagos y el océano donde se cierra el ciclo hidrológico⁵². En definitiva, la recuperación del agua no es más que una manifestación del proceso cíclico continuo que experimentan los recursos naturales del planeta.



Fig. 1. Agua gris

Junto a esta forma de reutilización del agua, denominada incidental o fortuita, ha surgido durante las últimas décadas un enorme interés por la reutilización planificada del agua. Por reutilización planificada o directa se entiende la utilización para un nuevo empleo las aguas procedentes de un uso previo, sin mediar para ello el vertido en un cauce natural. De este modo, un agua empleada es sometida a un tratamiento que le permita alcanzar cierta calidad antes de ser enviada a otra zona para ser aprovechada de nuevo en un uso adicional.

Es importante destacar que la reutilización planificada ha alcanzado un gran desarrollo no sólo en países con una escasez tradicional de recursos hídricos, sino especialmente en países con grandes recursos hidráulicos y con un elevado nivel de vida. Los altos incrementos de la demanda de agua, con frecuencia en lugares donde son escasos los recursos hídricos, han motivado a dirigirse hacia los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales como una fuente alternativa de recursos hídricos. Una vez sometidos a un proceso adecuado de regeneración, estos efluentes son reutilizados para riego agrícola y de jardinería, para refrigeración industrial, recuperación ambiental y recarga de acuíferos, entre otros reusos.

En el momento que se menciona el término de aguas grises, suele pasar por nuestra mente que son aguas inservibles, sucias, e incluso que deben eliminarse como las aguas procedentes del WC y que sin embargo su reutilización puede disminuir el gasto de agua potable.

⁵² Rodríguez, Roberto. **Reutilización de aguas grises**. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. – Argentina, edUTecNe, <http://www.edutecne.utn.edu.ar>



3.1. ¿Qué son las aguas grises?

Antes de empezar desarrollar este tema, debemos saber qué son las aguas grises. Las aguas grises son todas aquellas descargas de agua, resultado de nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensilios; aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables.

Las aguas grises se distinguen de las aguas negras porque no están contaminadas con desechos del inodoro y no contienen bacterias *Escherichia coli*. Estas aguas son de vital importancia, porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del riego ecológico.

Las aguas grises generalmente se descomponen más rápido que las aguas negras y tienen mucho menos nitrógeno y fósforo; sin embargo, contienen algún porcentaje de aguas negras, incluyendo patógenos de varias clases.

Las aguas grises recicladas de la bañera o tina de baño pueden ser utilizadas en los inodoros, lo que ahorra grandes cantidades de agua. Los pioneros en la creación de depuradoras de aguas grises fueron una empresa española llamada Ecoaigua, que llevan 15 años investigando sistemas de reaprovechamiento de aguas usadas. Sin embargo, las aguas grises sin tratar no pueden ser utilizadas para la descarga del excusado ya que generan malos olores y manchas si se dejan más de un día.

Reutilizando aguas grises en la vivienda se estarían ahorrando aproximadamente 50 litros por persona al día que, para una familia media de 4 personas, supondría un ahorro de unos 200 l/día, es decir, entre un 24 % y un 27 % del consumo diario de la vivienda. Si este sistema se implanta en hoteles o instalaciones deportivas, estaríamos hablando de cifras aún más importantes, en torno al 30% de ahorro.⁵³



Fig. 2. Obtención de aguas grises.

⁵³ *Ibidem*



3.2. *Objetivos del tratamiento y/o reuso de aguas grises*

Idealmente debería de ser un aprovechamiento general del agua y no sólo de aguas grises⁵⁴, pero este tratamiento al realizarlo individualmente, cumple con dos objetivos principales para combatir de fondo el problema de agua que sufre nuestra Ciudad:

- Por un lado, el agua potable que necesitamos para desarrollar todas nuestras actividades se disminuye; el agua potable es utilizada únicamente por las actividades que requieran este tipo de calidad de agua, con esto evitamos el desperdicio de agua de calidad en actividades que puedan desarrollarse con agua tratada. Al momento de poner en práctica esto, se puede lograr la disminución de la tensión hídrica o también llamado escasez de agua.
- Y por otro lado, se reduce la cantidad de aguas residuales o agua de desperdicio que arrojamamos al alcantarillado; las aguas grises, que en un principio formaban parte de las aguas residuales, son ahora tratadas y reutilizadas en actividades que no necesiten la calidad de agua potable para desarrollarse, logrando con esto la disminución de la contaminación del agua.



Fig. 3. Actividades que no requieren de agua potable

Esto es totalmente lógico, al reducir el consumo de agua potable, reducimos el agua que desechamos; aunque suene simple, logra disminuir, no eliminar, el problema que existe en una vivienda de contaminación del agua.

Debido al tratamiento que se realiza al agua desechada, esta es reutilizada, generando que el agua potable de entrada disminuya y con esto disminuir la tensión hídrica.

Representa un ciclo, pero dentro de la vivienda.

⁵⁴ Este aprovechamiento general del agua se explica con mayor detalle en el Capítulo 5 de éste documento.

3.3. Ventajas y desventajas del reciclamiento de aguas grises

Entre las ventajas que podemos encontrar, tenemos las siguientes:

- ▶ En zonas donde no existe red pública de agua potable, se abastecen de la recolección de agua de lluvia o de la explotación de ríos, lagos o acuíferos; al implementar un tratamiento de aguas grises, se logra disminuir el agua que necesitamos; por lo tanto, en caso de recolección de agua de lluvia, facilitará cumplir con la dotación de agua reduciendo la superficie de recolección. Por parte de la explotación ríos, lagos y acuíferos, disminuirá el impacto generado.
- ▶ Al momento de tratar parte del agua que es desechada, y utilizándola en actividades que no requieren de agua potable, se genera menor contaminación de agua.
- ▶ Como se reduce la cantidad de agua potable necesaria, por lógica se disminuye la cantidad de agua contaminada desechada.
- ▶ Ayuda a combatir la escasez y contaminación del agua.

También podemos encontrar algunas desventajas:

- ▶ Al generar un tratamiento de aguas grises, es indispensable crear dobles instalaciones, tanto en drenaje, como en dotación de agua, esto varía según el proyecto.
- ▶ Necesita de espacio para generar procesos de captación y tratamiento de agua, las dimensiones dependen del tipo de tratamiento.
- ▶ Mantenimiento de algunas partes del proceso de tratamiento, aunque en general cualquier instalación necesita de mantenimiento.
- ▶ Costo inicial, que realmente no es recuperable a un plazo corto, debido a que el agua en nuestro país es muy económica, aunque en regiones donde la escasez de agua es aguda, se considera a este tipo de aprovechamiento viable en el rubro económico.



3.4. Procesos utilizables para la depuración del agua⁵⁵

3.4.1. Proceso Químico

La purificación química del agua se refiere a muchos y diversos métodos. Qué método aplicar, depende de la clase de contaminación que hay en el agua. Abajo se resumen muchas de estas técnicas químicas de purificación.

Adición química:

Hay varias situaciones en las cuales se agregan productos químicos, por ejemplo para prevenir la formación de ciertos productos de la reacción. Debajo, se resumen algunas de estas adiciones:

- a) Los agentes quelatos se agregan a menudo al agua, para prevenir los efectos negativos de la dureza, causados por la deposición del calcio y del magnesio.
- b) Los agentes que oxidan se agregan al agua como biocida, o para neutralizar agentes de reducción.
- c) los agentes de reducción se agregan para neutralizar agentes que oxidan, tales como ozono y cloro. También ayudan a prevenir la degradación de las membranas de purificación.

Clarificación:

La clarificación es un proceso de multi-pasos para quitar los sólidos suspendidos. Primero, se agregan los coagulantes. Los coagulantes reducen la carga de iones, de modo que acumulan las partículas en formas más grandes llamadas flóculos. Los flóculos se depositan por gravedad en tanques de filtración o se quitan mientras que el agua atraviesa un filtro de gravedad. Las partículas más grandes que 25 micras son quitadas con eficacia por la clarificación. Agua que es tratada con la clarificación puede contener algunos sólidos suspendidos y por lo tanto necesita un tratamiento adicional.

Desionizar y ablandar:

La desionización se procesa comúnmente con intercambio de ion. Los sistemas de intercambio de ion consisten en un tanque con bolas pequeñas de resina sintética, que son tratadas para absorber selectivamente ciertos cationes o aniones y para substituirlos por los iones contaminadores. El proceso de intercambio de ion dura hasta que todos los espacios disponibles se llenan de los iones. El dispositivo del intercambiador de iones tiene que ser regenerado por productos químicos convenientes.

⁵⁵ Dr. Aurelio Hernández Muñoz, **Depuración de las Aguas Residuales**, 3ª ed., colección Señor No 9, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos; Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. España, 1994, p. 61 ss
Water Treatment Solution, ¿Qué métodos específicos hay para la purificación del agua? Consulta: Noviembre de 2009, <http://www.lennotech.es/pasos-en-purificacion-del-agua.htm>



3.4.1. Proceso Químico

Uno de los intercambiadores posiblemente más comúnmente usado es un suavizador de agua. Este dispositivo quita iones de calcio y de magnesio del agua dura, substituyéndolos por otros iones positivamente cargados.

Desinfección:

La desinfección es uno de los pasos más importantes de la purificación del agua de ciudades y de comunidades. Responde al propósito de matar a los actuales microorganismos indeseados en el agua; por lo tanto los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas. Hay una gran variedad de técnicas disponibles para desinfectar los líquidos y superficies, por ejemplo: desinfección con ozono, desinfección con cloro y desinfección UV.

- a) El dióxido de cloro es un biocida eficaz a bajas concentraciones tales como 0,1 PPM⁵⁶ y excelentes en una gama ancha de pH. El ClO₂ penetra la pared de la célula de las bacterias y reacciona con aminoácidos vitales en el citoplasma de la célula para matar al organismo. El subproducto de esta reacción es clorito. Los estudios toxicológicos han demostrado que el subproducto de la desinfección del dióxido de cloro, clorito, no tiene ningún riesgo adverso significativo para la salud humana.
- b) El ozono se ha utilizado para la desinfección del agua potable en la industria del agua municipal en Europa por cientos de años y es utilizado por una gran cantidad de compañías de agua, donde es común capacidades del generador del ozono de hasta el radio de acción de cientos de kilogramos por hora. Cuando el ozono hace frente a olores, a bacterias o a virus, el átomo adicional del oxígeno los destruye totalmente por la oxidación. Durante este proceso el átomo adicional del oxígeno se destruye y no hay olores, bacterias o átomos adicionales dejados. El ozono es no solamente un desinfectante eficaz, es también particularmente seguro de utilizar.
- c) La radiación-UV también se utiliza para la desinfección hoy en día. Cuando están expuestos a la luz del sol, se matan los gérmenes y las bacterias, los hongos no se reproducen. Este proceso natural de la desinfección se puede utilizar con más eficacia posible aplicando la radiación UV de una manera controlada.

⁵⁶ Partes por millón (PPM), es una unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto.



3.4.1. Proceso Químico

- Destilación:** La destilación es la recolección de vapor de agua, después de hervir las aguas residuales. Con un retiro correctamente diseñado del sistema de contaminantes orgánicos e inorgánicos y de impurezas biológicas puede ser obtenido, porque la mayoría de los contaminantes no se vaporizan. El agua pasará al condensador y los contaminantes permanecerán en la unidad de evaporación.
- Electro diálisis:** La electro diálisis es una técnica que emplea las membranas actuales y especiales eléctricas, que son semipermeables a los iones, basadas en su carga. Membranas cargadas de cationes y las membranas cargadas de aniones se colocan alternativamente, con los canales del flujo entre ellos, y los electrodos se colocan en cada lado de las membranas. Los electrodos atraen a los iones contrarios a través de las membranas, para eliminarlos del agua.
- Ajuste del pH:** El agua municipal necesita un ajuste de pH a menudo, para prevenir la corrosión de las tuberías y prevenir la disolución del plomo en los abastecimientos de agua. El pH es llevado hacia arriba o hacia abajo a través de la adición del cloruro de hidrógeno, en caso de que un líquido sea básico, o del hidróxido de sodio, en caso de un líquido ácido. El pH será convertido a aproximadamente 7 ó 7,5, después de la adición de ciertas concentraciones de estas sustancias.
- Barrido:** La mayoría de los compuestos orgánicos naturalmente nos encontramos tienen una carga levemente negativa. El barrido orgánico es hecho por la adición de la resina del anión de una base-fuerte. Los compuestos orgánicos llenarán la resina y cuando se carga totalmente se regenera con altas concentraciones de cloruro de sodio.

3.4.2. Proceso Físico⁵⁷

La purificación física del agua se refiere sobre todo a técnicas de filtración. La filtración es un instrumento de purificación para quitar los sólidos de los líquidos. Hay varios tipos de técnicas de filtración. Un filtro típico consiste en un tanque, los medios de filtro y un regulador para permitir la expulsión.

Pantallas: La filtración a través de las pantallas se hace generalmente al principio del proceso de la purificación del agua. La forma de las pantallas depende de las partículas que tienen que ser eliminadas.

Filtración de la arena: La filtración de la arena es un método usado con frecuencia, muy robusto para quitar los sólidos suspendidos del agua. El medio de filtro consiste en una capa múltiple de arena con una variedad de

⁵⁷ Dr. Aurelio Hernández Muñoz, *Op. Cit.*



3.4.2. Proceso Físico

tamaño y gravedad específica. Cuando el agua atraviesa el filtro, los sólidos suspendidos en el agua precipitan en la arena donde quedan como residuo y en el agua se reduce los sólidos suspendidos, esta fluye del filtro. Cuando los filtros se cargan con las partículas se invierte la dirección de filtración, para regenerarlo. Los sólidos suspendidos más pequeños tienen la capacidad de pasar a través de un filtro de arena, a menudo se requiere la filtración secundaria.

Filtración de flujo cruzado: La filtración de membrana con flujo cruzado quita las sales y materia orgánica disuelta, usando una membrana permeable que impregne solamente los contaminantes. El concentrado permanece mientras que el flujo pasa adelante a través de la membrana. Hay diversas técnicas de filtración con membranas, éstas son: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa (OI). Cuál de estas técnicas se pone en ejecución, depende de la clase de compuestos que necesiten ser quitados y su tamaño de partícula. Debajo, las técnicas de filtración de membrana están clasificadas:

- a) **Microfiltración:** Es una técnica de separación con membrana en la cual las partículas muy finas u otras materias suspendidas, con acción en partículas de radio de 0,1 a 1,5 micras, se separan de un líquido. Es capaz de quitar los sólidos suspendidos, las bacterias u otras impurezas. Las membranas de la microfiltración tienen un tamaño nominal de poro de 0,2 micras.
- b) **Ultrafiltración:** Es una técnica de separación con membrana en la cual las partículas muy finas u otras materias suspendidas, con acción en partículas de radio de 0,005 a 0,1 micras, se separan de un líquido. Es capaz de quitar las sales, las proteínas y otras impurezas dentro de su gama. Las membranas de la ultrafiltración tienen un tamaño nominal de poro de 0,0025 a 0,1 micras.
- c) **Nanofiltración:** Es una técnica de separación con membrana en la cual las partículas muy finas u otras materias suspendidas, con un tamaño de partícula en la gama de aproximadamente 0,0001 a 0,005 micras, se separan de un líquido. Es capaz de quitar virus, pesticidas y herbicidas.



d) 3.4.2. Proceso Físico

- e) Osmosis inversa (OI): Es la técnica disponible más fina de separación con membrana. La OI separa partículas muy finas u otras materias suspendidas, con un tamaño de partícula hasta 0,001 micras, de un líquido. Es capaz de quitar iones de metal y eliminar completamente las sales en disolución.

Filtración de cartucho: Las unidades de filtración de cartucho consisten en fibras. Funcionan generalmente con más eficacia económica en los usos que tienen niveles de contaminación de menos de 100 PPM. Para usos donde la contaminación es más alta, los cartuchos se utilizan normalmente como filtro en las etapas finales.

3.4.3. Proceso Biológico⁵⁸

La purificación biológica del agua se realiza para bajar la carga orgánica de compuestos orgánicos disueltos. Los microorganismos, principalmente bacterias, hacen la descomposición de estos compuestos. Hay dos categorías principales de tratamiento biológico: tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio.

La demanda biológica de oxígeno (DBO) define la carga orgánica. En sistemas aerobios el agua se airea con aire comprimido (con oxígeno en algunos casos simplemente), mientras que los sistemas anaerobios funcionan bajo condiciones libres de oxígeno.

Tratamiento Aerobio: La digestión aeróbica es un proceso bacteriano que ocurre en presencia del oxígeno. Bajo condiciones aeróbicas, las bacterias consumen rápidamente la materia orgánica y la convierten en el bióxido de carbono. Una vez que haya una carencia de la materia orgánica, las bacterias mueren y son utilizadas como alimento por otras bacterias. Esta etapa del proceso se conoce como respiración endógena. La reducción de los sólidos ocurre en esta fase. Porque ocurre la digestión aeróbica mucho más rápidamente, los costos de capital de digestión aerobia son más bajos. Sin embargo, los gastos de explotación son característicos por ser mucho mayores para la digestión aeróbica debido a los costes energéticos para la aireación necesitada para agregar el oxígeno al proceso.

Tratamiento Anaerobio: La digestión anaeróbica es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El proceso puede ser la digestión termofílica en la cual el fango se fermenta en tanques en una

⁵⁸ *Ibidem.*



3.4.3. Proceso Biológico

temperatura de 55°C o mesofílica, en una temperatura alrededor de 36°C. Sin embargo permitiendo tiempo de una retención más corta, así en los pequeños tanques, la digestión termofílica es más expansiva en términos de consumo de energía para calentar el fango. La digestión anaerobia genera biogás con una parte elevada de metano que se puede utilizar para el tanque y los motores o las micro turbinas del funcionamiento para otros procesos en sitio. En plantas de tratamiento grandes, la energía se puede generar de esta manera y así aminorar la energía consumida por la maquinaria. La generación del metano es una ventaja dominante del proceso anaeróbico. Su desventaja dominante es la de largo plazo requerido para el proceso (hasta 30 días) y el alto costo de capital.

3.5. Tipos de tratamiento del agua⁵⁹

3.5.1. Pretratamiento

Con el pretratamiento se pretende eliminar del agua desechada la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos, etc.)

Algunos ejemplos de pretratamiento son:

Desbaste:

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

- Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10-25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.

⁵⁹ Rigola Lapeña, Miguel, **Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales**, Marcombo, S.A. España, 1989. Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, **Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales. Using plant systems to treat wastewater**, Editorial Gustavo Gili, S.A., España, 2003.



3.5.1. Pretratamiento

En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

- Reja de gruesos: entre 12-25 mm.
- Reja de finos: entre 6-12 mm.

También tenemos que distinguir entre los tipos de limpieza de rejas igual para finos que para gruesos.

- Rejas de limpieza manual.
- Rejas de limpieza automática.

Desarenadores:

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente. En caso de que sea necesario un bombeo, el desbaste y desarenado deben ir antes de éste. Pero hay veces que es conveniente situar el bombeo previo al desarenado aun a costa de un mayor mantenimiento de las bombas. Esto ocurre cuando los colectores de llegada están situados a mucha profundidad, cuando el nivel freático está alto, etc.

Desengrasadores:

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. El desaceitado consiste en una separación líquido-líquido, mientras que el desengrase es una separación sólido-líquido. En ambos casos se eliminan mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad. Los desengrasadores separados del desarenado son aconsejables cuando se busca una mayor calidad del agua o cuando el agua proviene de ciertos tipos de industrias: Petroquímicas y refinerías de petróleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc.



3.5.1. Pretratamiento

Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores unidos a los flotantes extraídos en la decantación primaria suelen tratarse posteriormente en un concentrador de grasas donde se desprenden de su contenido en agua. Podríamos deshacernos de las grasas y espumas en una digestión anaerobia junto a los fangos ya que son en su mayor parte residuos orgánicos. Pero esto no es recomendable, ya que presenta el inconveniente de favorecer la formación de costras en el digester.

Las grasas concentradas se almacenan en contenedores especiales y posteriormente pasan a vertedero. También se podrían incinerar en caso de existiese en la planta un horno de incineración de fangos o para tratamiento de fango.

3.5.2. Tratamiento primario⁶⁰

Principalmente en este tipo de tratamiento se pretende la reducción de los sólidos en suspensión del agua a tratar. Dentro de estos sólidos pueden distinguirse:

- Los sólidos sedimentables: son los que se depositan en el fondo al dejar el agua en condiciones de reposo.
- Los sólidos flotantes: definibles por contraposición a los sedimentables.
- Los sólidos coloidales (tamaño entre 10-3-10 micras).

Aunque existen múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario (filtración, tamizado, ciertos lagunajes, fosas sépticas, tanques Imhoff, etc.), los principales procesos se pueden clasificar de la siguiente forma:

Procesos de separación sólido-líquido:

- Sedimentación, también llamada decantación primaria.
- Flotación.
- Proceso mixto (decantación-flotación).

Procesos complementarios de mejora:

- Flocculación.
- Coagulación (proceso físico-químico).

⁶⁰ *Ibidem.*



3.5.2. Tratamiento primario

Sedimentación:

La sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se sedimente; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado. En el tratamiento de las aguas, este proceso se realiza para retirar la materia sólida fina, orgánica o no, de las aguas residuales; aquí el agua pasa por un dispositivo de sedimentación donde se depositan los materiales para su posterior eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación bioquímica y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

Flotación:

Los cuerpos cuya densidad relativa es menor que la unidad, flotan en el agua. Esto nos lleva al importante concepto llamado flotación, que se trata con el principio fundamental de Arquímedes.⁶¹ Cuando un cuerpo se sumerge total o parcialmente en un fluido, una cierta porción del fluido es desplazado. Teniendo en cuenta la presión que el fluido ejerce sobre el cuerpo, se infiere que el efecto neto de las fuerzas de presión es una fuerza resultante apuntando verticalmente hacia arriba; la cual tiende, en forma parcial, a neutralizar a la fuerza de gravedad, también vertical pero apuntando hacia abajo. La fuerza ascendente se llama fuerza de empuje o fuerza de flotación y puede demostrarse que su magnitud es exactamente igual al peso del fluido desplazado. Por tanto, si el peso de un cuerpo es menor que el del fluido que desplaza al sumergirse, el cuerpo debe flotar en el fluido y hundirse si es más pesado que el mismo volumen del líquido donde está sumergido. El principio de Arquímedes es un enunciado de esta conclusión, del todo comprobada, que dice que todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido, está sometido a una fuerza igual al peso del fluido desalojado.

⁶¹ Valero, Michel, **Física Fundamental**, segunda edición, Santa fe de Bogotá, Colombia, Editorial Norma, 1996.



3.5.2. Tratamiento primario

- Floculación:** La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en los floculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados sedimentadores. La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado. Es un paso del proceso de potabilización de aguas de origen superficial y del tratamiento de aguas servidas domésticas, industriales y de la minería.
- Coagulación:** La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí.

3.5.3. Tratamiento secundario⁶²

Este tipo de tratamiento elimina la contaminación carbonatada disuelta en el agua (las materias orgánicas) a través de la acción de bacterias que consumen oxígeno. Para volver a crear un medio apropiado, para el desarrollo de estas bacterias, hay que aportar oxígeno; sea por aeración mecánica, según las técnicas clásicas de las depuradoras de fangos activados, o a través de plantas acuáticas o de un medio filtrante, de manera similar a como se producen los fenómenos naturales.

Entre los tratamientos que se encuentran en esta clasificación, encontramos:

- Tratamiento biológico aerobio.
- Decantación secundaria.
- Fangos activos.
- Sistemas de aireación.
- Lagunaje.
- Filtro biológico.
- Contactor biológico rotativo (biodisco).
- Digestión anaerobia.

⁶² Rigola Lapeña, Miguel. *Op. Cit.*



3.5.3. Tratamiento secundario

- Decantación secundaria:** El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida.
- Fangos activos:** Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material; bajo condiciones ideales, convierte el amoniaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.
- Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF):** Combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoniaco ocurren en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un solo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.
- Lagunaje:** El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por las macrófitas⁶³ nativas, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotifera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas. El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

⁶³ Las plantas acuáticas o macrófitas son plantas adaptadas a medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos, deltas o lagunas marinas. Su adaptación al medio acuático es variable. Se pueden encontrar diferentes grupos de plantas: unas totalmente sumergidas, otras, las más numerosas, parcialmente sumergidas o con hojas flotantes.



3.5.4. Tratamiento terciario⁶⁴

El tratamiento terciario elimina el nitrógeno y el fósforo, proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido, antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.). Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

Entre los tratamientos que se encuentran en esta clasificación, encontramos:

- Pulido de efluentes de tratamiento biológico.
- Adsorción.
- Oxidación con ozono, O₃.
- Luz ultravioleta.
- Oxidación con cloro o hipoclorito.

Adsorción: La adsorción es un proceso donde un sólido se utiliza para quitar una sustancia soluble del agua. En este proceso el carbón activo es el sólido. El carbón activo se produce específicamente para alcanzar una superficie interna muy grande (entre 500-1500 m²/g). Esta gran superficie interna hace que el carbón tenga una adsorción ideal.

Oxidación con ozono, O₃: Debido al fuerte poder oxidante, la calidad de la desinfección con ozono es muy superior a la que se consigue con un tratamiento con cloro. De esta forma, se consiguen eliminar virus, bacterias y microorganismos en general cloro-resistentes. Gracias también a este elevado potencial de oxidación, conseguimos precipitar metales pesados que pueden encontrarse en disolución y eliminar compuestos orgánicos, pesticidas, y todo tipo de olores y sabores extraños que el agua pudiera contener. Otra de las importantes ventajas del uso del ozono frente al cloro, es la rapidez con la que actúa; lo cual, nos permite realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos, cuando para realizar un tratamiento de desinfección con cloro es necesario un tiempo de contacto muy superior. Los efectos principales de ozonación del agua potable son:

- a) Desinfección bacterial e inactivación viral.
- b) Oxidación de inorgánicos como hierro, manganeso, metales pesados ligados orgánicamente, cianuros, sulfuros y nitratos.
- c) Oxidación de orgánicos como detergentes, pesticidas, herbicidas, fenoles, sabor y olor causados por impurezas.

⁶⁴ Rigola Lapeña, Miguel. *Op. Cit.*



3.5.4. Tratamiento terciario

Luz ultravioleta:

La banda de luz ultravioleta, que se encuentra entre las longitudes de onda de 200 a 30 nanómetros, se llama región germicida, porque la luz ultravioleta en esta área es letal para todos los microorganismos. La luz solar, a través de los rayos ultravioleta que emite, destruye bacterias y virus en corrientes de agua, arroyos, ríos y almacenamientos. Si bien el sol es una fuente importante de luz ultravioleta, mucha de la energía transmitida no se extiende más allá de la longitud de onda de los 295 nanómetros. Las longitudes de onda menores, son absorbidas por el ozono, capa que rodea al globo terráqueo. La luz ultravioleta causa desarreglos moleculares en el material genético (ácido nucleico, DNA) del microorganismo, esto impide su reproducción y si no puede reproducirse, entonces se le considera muerto.

Los purificadores de agua por medio de luz ultravioleta (UV) destruyen más del 99.9% de bacterias, virus y gérmenes patógenos que se encuentran en el agua. Ningún otro medio de desinfección es tan efectivo como la luz UV. No cambia las propiedades del agua ni afecta a quien la usa o bebe.

El departamento de Salud Pública de E.U.A. requiere que la desinfección, mediante equipos de luz ultravioleta, tenga una dosis mínima de 16,000 Mws/cm² (microwatts segundo por centímetro cuadrado).

Oxidación con cloro o hipoclorito:

Cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio. En las plantas de tratamiento de agua de gran capacidad, el cloro se aplica después de la filtración. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación. En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro, hipoclorito de calcio o ácido cloroisocianúrico.



Capítulo 4. Análisis de Tratamientos y Reuso de Aguas Grises Existentes

Antes de presentar algunos tipos de tratamiento y reuso de aguas grises, es importante conocer el concepto de algunos términos, es necesario establecer a que me refiero al hablar de reuso y/o tratamiento.

Al utilizar la palabra **TRATAMIENTO** la Real Academia de la Lengua Española lo define como: *Modo de trabajar ciertas materias para su transformación.* En el caso de tratamiento del agua, es aplicar un tipo de proceso (físico, químico, mecánico) para transformar el agua sucia, o en este caso el agua gris, en agua no sucia, es decir, en agua que pueda ser reutilizada para desarrollar alguna otra actividad.

Cuando utilizamos la palabra **REUSO**, me refiero a la acción de usar algo que ya se había usado, la palabra **usar** en la Real Academia de la Lengua Española la define como: *Hacer servir una cosa para algo*, lo cual quiere decir que **reusar** se refiere a *usar algo, bien con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines.* En el caso del agua, cuando nos referimos a su reuso, se aplica al momento utilizar nuevamente el agua que ya habíamos utilizado, por ejemplo: Utilizamos agua para bañarnos, al usarla, este tipo de agua se transforma en agua con jabón o agua gris, la cual puede ser nuevamente utilizada, sin utilizar ningún tipo de tratamiento.

Por lo anterior, es posible que sea confusa la mezcla de los términos, por ejemplo: no es lo mismo reusar el agua tratada que tratar el agua reusada; la primera relación (reusar el agua tratada) se refiere a el agua empleada en una actividad y es tratada para que se vuelva a utilizar en otra actividad o en la misma; mientras que tratar el agua reusada, nos lleva a pensar que es agua sucia que se usó, sin tratamiento previo, para desarrollar otra actividad y en última instancia es tratada.

El tratamiento y el reuso son dos procesos muy utilizados para aprovechar el agua gris. A continuación se describen algunas características de los tratamientos y formas de reuso del agua gris que se han desarrollado en el mundo.



4.1. Descripción de las tecnologías de tratamiento de aguas grises

En el libro *Waterscapes*⁶⁵ se desarrollan algunos tipos de tratamientos mediante sistemas vegetales, como lo son: Lagunas de macrófitas⁶⁶ y lechos de macrófitas o filtros vegetales.

4.1.1. Lagunas de macrófitas

Las lagunas de macrófitas: Este método consiste en hacer circular las aguas desechadas a través de estanques, donde la depuración está a cargo de las bacterias. Las plantas disminuyen la velocidad de la corriente, favorecen el sedimento de las materias en suspensión y la mantienen parcialmente oxigenada por medio de las raíces; los tallos sirven de soporte a los cultivos de bacterias. El mantenimiento es sencillo, ya que cada 10 años hay que extraer los lodos. Sirve para el tratamiento de aguas pluviales, domésticas residuales, como tratamiento final de ciertos residuos industriales o tratamiento para zonas sensibles (bordes de ríos y lagos). (Fig.1)

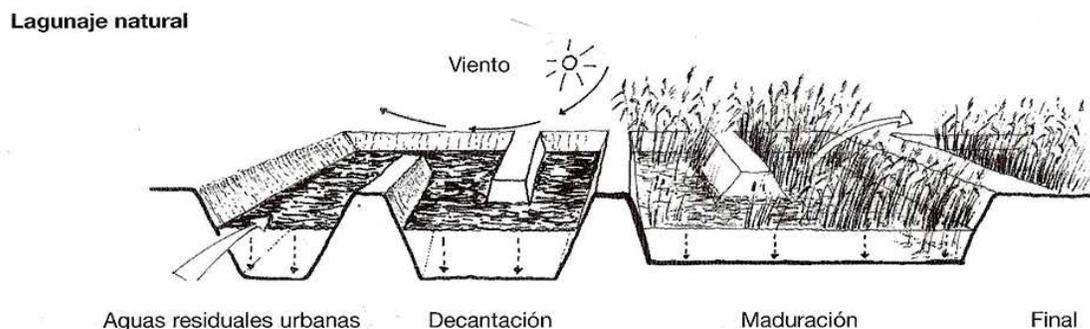


Fig. 1. Lagunas de macrófitas

4.1.2. Lechos de macrófitas o filtros vegetales

Lechos de macrofilias o filtros vegetales: La vegetación aporta oxígeno y ácidos orgánicos en la zona de las raíces, con lo cual favorece al desarrollo de las bacterias; estas plantas necesitan menos espacio que las lagunas, de 2 a 5m² por habitante. Las aguas no están superficialmente, por lo que no existe contacto con las aguas sucias, ni malos olores o mosquitos. Estos filtros no producen lodos. Por la dirección del flujo se clasifican en dos:

⁶⁵ Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, *Op. Cit.*

⁶⁶ Plantas flotantes o arraigadas: juncos, carrizos, espadañas, jacintos de agua.



4.1.2. Lechos de macrófitas o filtros vegetales

- ▶ Sistema de circulación horizontal: El suelo puede ser horizontal o ligeramente inclinado; el sustrato se encuentra compuesto por grava, arena o elementos cohesionantes; está saturado de agua y contiene numerosas zonas anaeróbicas. La única aportación de oxígeno es a través de las plantas. Este tipo de filtros se utilizan para el tratamiento secundario o terciario de las aguas residuales domésticas. Requieren de poco cuidado. (Fig. 2)

Lecho de macrófitas horizontal

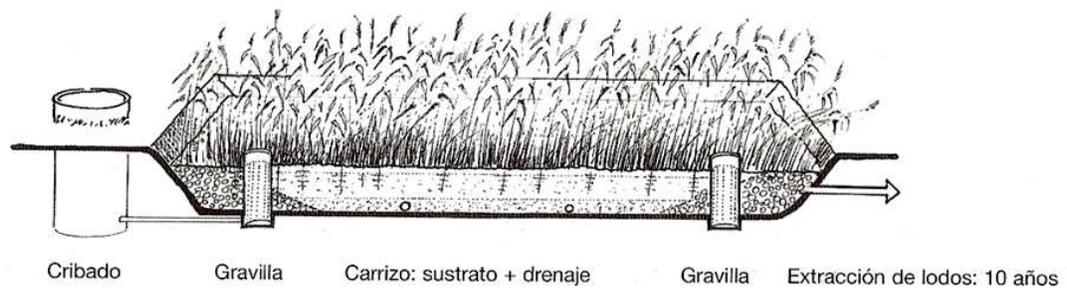


Fig. 2. Lecho de macrófitas horizontal

- ▶ Sistema de circulación vertical: Utiliza diversos estanques, normalmente alimentados de forma alterna por rotación o por vertidos puntuales, el medio filtrante es a base de gravilla y/o arena. El agua actúa por gravedad natural entre los diferentes estanques, lo cual requiere de una pendiente. Este proceso se utiliza en el tratamiento primario del agua residual doméstica. (Fig. 3)

Lecho de macrófitas vertical

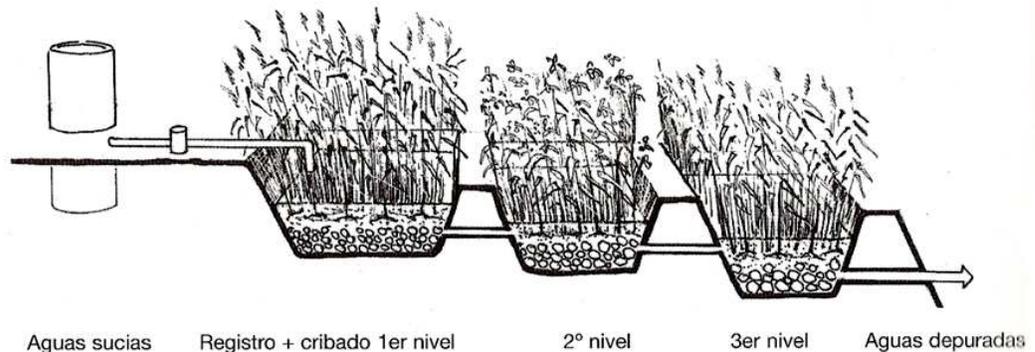


Fig. 3. Lecho de macrófitas vertical

4.1.3. Tratamiento de aguas grises (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda-CONAFOVI)⁶⁷

Si los conjuntos habitacionales cuentan con tuberías de separación de drenajes (aguas grises y aguas negras), es posible, mediante un tratamiento previo, reutilizar el agua gris tratada para las descargas de los inodoros; así como el agua negra tratada para el riego de los jardines. Es recomendable que esta separación de drenajes sea considerada en desarrollos futuros.

Para llevar a cabo el tratamiento del agua es necesario que la tubería de aguas grises de los desarrollos habitacionales confluya a un tanque de almacenamiento y regulación, a través del cual se envíe al sistema de tratamiento de las mismas; éste puede consistir en una coagulación-floculación, filtración y desinfección; para posteriormente enviarse a las viviendas para su reutilización exclusivamente en la descarga de los inodoros. (Fig. 4)

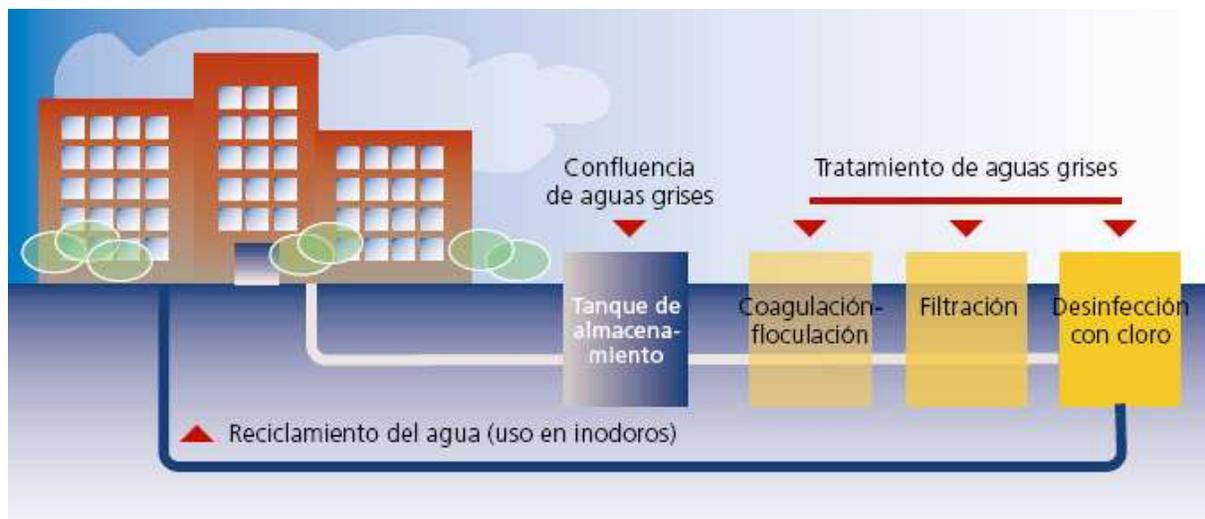


Fig. 4. Tratamiento de Aguas Grises.

Coagulación:

Se vierte un coagulante en las aguas a tratar para que cambie el comportamiento de partículas en suspensión. Las partículas son atraídas unas a otras o a la sustancia agregada. Las sustancias que actúan como coagulantes son: Alumbre (sulfato de aluminio), Semillas en polvo del árbol Moringa Olifeira, Bentonita (arcilla).

Floculación:

Es la agitación suave y lenta. En este proceso las partículas entran en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración. Para la floculación se debe tomar en cuenta la velocidad y el tiempo de agitación, así como el pH del agua.

⁶⁷ Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales. Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda-CONAFOVI, 2005



4.1.3. Tratamiento de aguas grises (Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda-CONAFOV9)

Filtración: Pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores.

Desinfección con cloro: Forma de asegurar que el agua está libre de patógenos. La cloración se puede dar en base a hipoclorito de sodio (blanqueador casero o sal y agua), la cal clorinada o el hipoclorito hiperconcentrado (comprimidos de cloro).

4.1.4. Humedal artificial⁶⁸

Se basa en el uso de pozos o camas preparadas especialmente (como un gran filtro) para aprovechar las aguas grises provenientes de duchas y lavaderos.

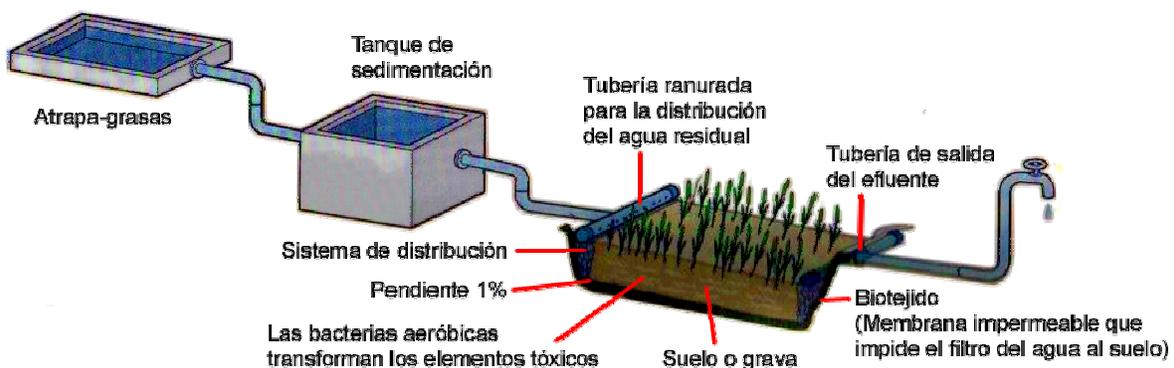


Fig. 5. Humedal artificial

El proceso se desarrolla de la siguiente forma:

Atrapa grasas: Las aguas grises llegan a través de un sistema de tuberías al tanque atrapa-grasas, que permite captar la grasa que produce el jabón.

Sedimentación: Es la separación física por gravedad de los sólidos del agua (flóculos o masas de coágulos). Los mismos se asientan en el fondo de un tanque sedimentador para obtenerse agua clara en la superficie.

Humedal: El sustrato poroso soporta el crecimiento de plantas. El agua circula en contacto con las raíces de éstas. Como resultado, el agua sale apta para el riego.

⁶⁸ Humedal artificial. Ernesto Cisneros V. Agenda 21 Escolar del C.P. Cisneros



4.1.5. Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación⁶⁹

El tratamiento permite tratar el 75% del volumen total de agua en la vivienda, empleado en el aseo personal y en el lavado de ropa. El 25 por ciento restante, pertenece a las llamadas aguas negras, que contienen materia orgánica. Es necesario la implementación de dobles instalaciones (aguas grises y agua negras).

El método de tratamiento de aguas grises es sencillo y consta de tres etapas: inyección de aire para generar espuma, uso de cal y precipitación con dióxido de carbono (CO₂) proveniente del aire ambiental.

Una vez tratada el agua, se puede reutilizar en sanitarios y en el aseo de instalaciones, lo que representara una contribución de gran magnitud en el ahorro y uso eficiente de este recurso.

Primera fase: Se lleva a cabo un proceso de adsorción por rectificación en espuma, que consiste en introducir el agua residual en una columna e inyectar aire, a través de un difusor, para producir espuma, concentrar los detergentes y eliminarlos. En la experimentación, los investigadores comprobaron que la espuma no sólo aglutina los jabones, sino también separa partículas sólidas en suspensión como fibras y aceite.

Segunda fase: La primera fase no es suficiente para eliminar todos los componentes de los detergentes; se requiere una segunda fase, donde se aplica una reacción conocida como precipitación de los jabones, mediante sales de calcio; donde la más común, barata y accesible es la cal de construcción; que, al tener una solubilidad limitada y al reaccionar con los limpiadores, los hace insolubles, provocando que se precipiten.

Tercera fase: Con ello, el agua residual, que para esta etapa ya es translúcida, aún tiene un pH alcalino, que da lugar a un siguiente paso, donde se inyecta nuevamente aire. El CO₂ forma carbonatos con el hidróxido de calcio en solución residual, de manera que lo precipita y se recupera el pH neutro que demanda el agua. Los resultados de este estudio posibilitan obtener una calidad de agua que, si bien no es potable y tiene un cierto contenido de electrolitos, fácilmente puede reusarse en los hogares y en algunas industrias porque el líquido ya no presenta olores, ni turbidez.

⁶⁹ **Universidad Nacional Autónoma de México:** TESIS: "Tratamiento de Aguas Grises por Rectificación de Espuma Y Precipitación". Autor: Q. Carlos Alberto Sagredo Suazo. Tutor: Dr. Jesús Gracia Fadrique, 2007.



4.1.5. Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación

Es un método económico y sencillo que sólo requiere de un contenedor para el líquido, un inyector de aire y el empleo de cal de construcción. Si se colecta el agua y se trata con aproximadamente el 0.1 por ciento de cal y se filtra, se tiene agua para reutilizar.

4.1.6. Sistema Aquacycle de Pontos⁷⁰

Es un sistema que lanza SOLICLIMA para tratar las aguas grises. El tamaño del sistema es de un armario. Basa su funcionamiento en un filtrado biomecánico libre de elementos químicos, mediante esterilización a través de una lámpara de rayos ultravioleta. (Fig. 6)

El ahorro puede alcanzar 90,000 litros anuales en una vivienda de cuatro o cinco personas.

Funciona mediante un sistema modular que puede ser ampliado.

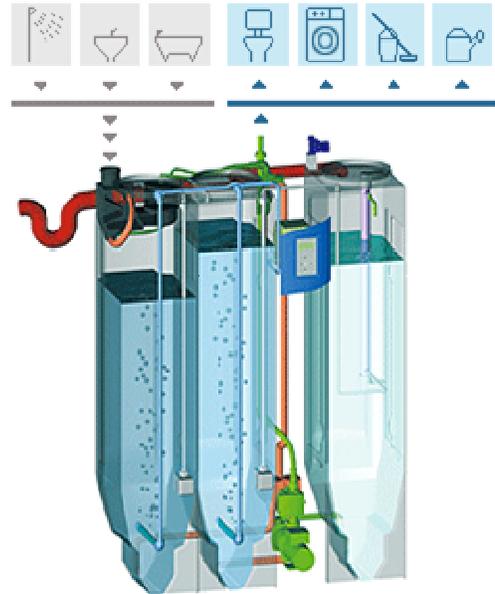


Fig. 6. Sistema Aquacycle de Pontos

4.2. Descripción de las tecnologías de reuso de las aguas grises

4.2.1. Inodoro de tanque seco⁷¹

Armando Deffis Caso, en el libro “La Casa Ecológica Autosuficiente”, presenta un ejemplo de reuso de agua gris, se plantea el “Inodoro de tanque seco”; en el cual, el agua del lavabo es utilizada por el inodoro. El funcionamiento es sencillo, la salida de agua jabonosa del lavabo es conectada directamente al tanque del inodoro, sin pasar por ningún tratamiento previo; el inodoro posee una segunda conexión, ésta es la entrada de agua potable, se propone esta conexión ayudada de una válvula de paso para que en caso de que el agua de lavabo no sea suficiente, se pueda abastecer de agua potable. (Fig. 7.)

⁷⁰ Sistema Aquacycle de Pontos ,SOLICLIMA Energía Solar, Reciclaje y Tratamiento de Aguas, última consulta: mayo de 2008, http://www.soliclima.com/reciclaje_aguas.html

⁷¹ Armando Deffis Caso, La Casa Ecológica Autosuficiente. Para Climas Templado y Frío, primera edición, Árbol Editorial S.A. de C.V., México 1994, p. 101 ss.



4.2.1. Inodoro de tanque seco

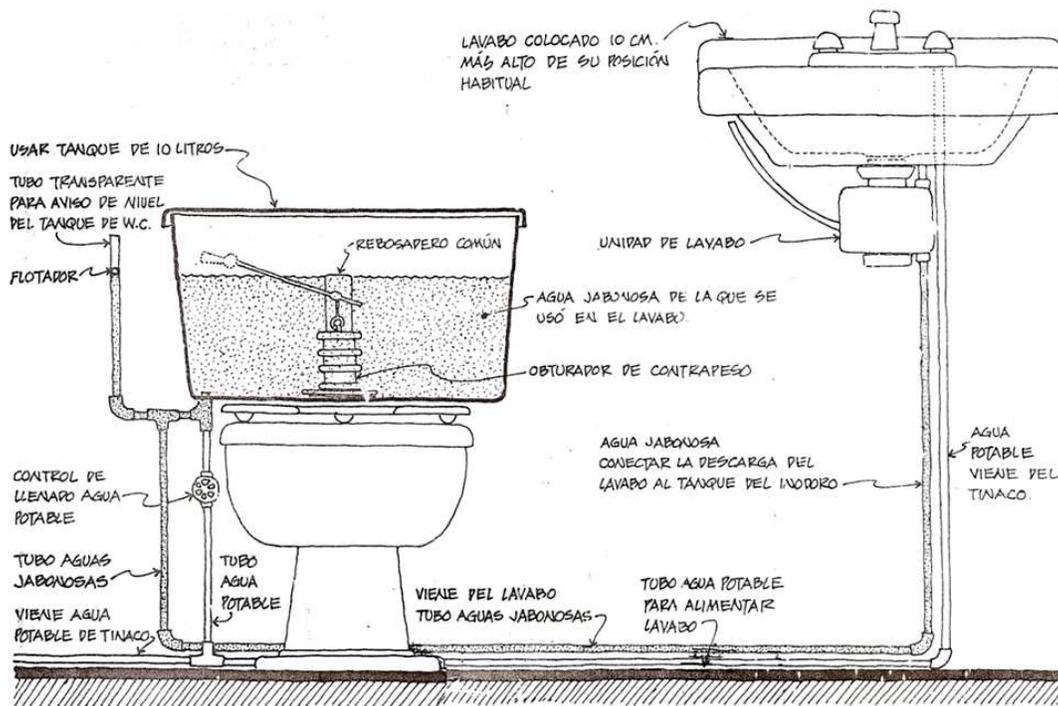


Fig. 7. Inodoro de tanque seco

4.2.2. Tlalock⁷²

Existe un prototipo, creado por el diseñador mexicano Ariel Rojo, que utiliza una adaptación del método de Deffis Caso en un inodoro que genera el mismo proceso. Se trata de un mueble llamado Tlalock (Fig. 8.); es un mueble considerado dos en uno, ya que es inodoro y lavabo. Genera el reciclaje de aguas grises a partir del lavado de manos,



Fig.8. Tlalock.

el agua jabonosa es almacenada en el tanque del inodoro para que pueda ser utilizado cuando se genere la descarga. Para evitar el consumo de energía eléctrica, el maneral del lavamanos se abre manualmente, sin sensores que dejen salir el agua automáticamente. Su fabricación se llevará a cabo en el año 2010 y pretende disminuir hasta un 83% del desperdicio del agua.

⁷² Karina González, "Dos en uno", Revista Entre muros, diseño y Arquitectura, Grupo Reforma, número 151, Abril de 2009, México, p. 26 ss.

4.2.3. WC Suite (Caroma)⁷³

WC Suite, de la firma australiana Caroma, es un inodoro con un lavamanos incorporado en la tapa del tanque cisterna. La finalidad es obvia: utilizar el agua durante el lavado de manos para llenar el tanque, consiguiendo así un considerable ahorro de agua. Además, es un tanque de doble descarga, que consiste en descargas de 4.5/3Litros, aportando así un mayor ahorro cada vez que se utiliza el inodoro.

Hay que entender que este lavamanos no pretende sustituir el lavabo normal del cuarto de baño, ya que está ideado para el lavado de manos exclusivamente una vez se ha “tirado de la cadena”. (Fig. 9)

Según Caroma, para el consumo de un hogar con 2,5 personas, se consigue un ahorro de agua de:

- ▶ Más del 70% en comparación con el modelo clásico de inodoro con tanque de única descarga (11litros).
- ▶ Un 17% comparándolo con modelos de doble descarga (6/3litros)..

Los ensayos realizados por Caroma garantizan que el agua jabonosa no tiene ningún efecto adverso en los componentes del tanque de la cisterna.



Fig. 9. WC suite

⁷³ WC suite. CAROMA, Australia. Is Arquitectura. Consulta: Noviembre de 2009. <http://blog.is-arquitectura.es/2008/11/25/inodoro-lavabo-todo-en-uno/>

4.2.4. Washup⁷⁴

Sevin Coskun, un inventor turco ganador del concurso Green Gadgets 2008, nos propone un híbrido entre lavadora e inodoro para conseguir que consumamos menos agua.

El Washup, basa su funcionamiento en conectar la salida y entrada de agua de la lavadora e inodoro respectivamente, con lo que toda el agua que actualmente se desperdicia al lavar, se aprovecharía al tirar de la cadena. La idea parece buena; aunque al ver la imagen del prototipo, fácilmente podemos llegar a la conclusión que la colocación de la lavadora en esa posición no es la mejor, ni la más cómoda. No necesariamente tiene que estar la lavadora encima del inodoro para que esta idea se lleve a cabo. Se pueden conectar a través de un depósito intermedio para almacenar el agua, y así todo sea más natural en su uso. (Fig. 10)



Fig. 10. Washup

4.3. Análisis comparativo de los modelos existentes

Al momento de hacer una comparativa debemos de dividir los ejemplos mostrados en dos: los ejemplos de reuso del agua y los tratamientos de agua.

Los ejemplos de reuso de agua los podemos comparar en los siguientes aspectos:

- Funcionamiento: El funcionamiento del mobiliario consiste en si es simple o complejo. Señala también que tan funcional es.
- Adaptabilidad: La adaptabilidad va relacionada con la forma en que puede ser acoplado a una vivienda de nivel medio de esta Ciudad.
- Mantenimiento: Señala algunos puntos que debemos tomar en cuenta para su perfecta conservación.

⁷⁴ Whashup. Lavadora-inodoro. Jóvenes por la ecología de Asturias. Consulta: Noviembre de 2009. <http://www.jpe-asturias.org/>



4.3. Análisis comparativo de los modelos existentes

Tabla 1. Análisis comparativo de los ejemplos de reuso de agua presentados.

MODELO	FUNCIONAMIENTO	ADAPTABILIDAD	MANTENIMIENTO
Inodoro de tanque seco	Sencillo.	Se puede usar para vivienda de nivel medio. Requiere una instalación extra, del drenaje del lavabo a la entrada de agua al WC. Esta es independiente a las de agua potable del WC y drenaje de lavabo.	Como cualquier mueble de baño, sólo que la caja debe ser lavada constantemente para evitar sarro, así como también la taza.
Tlallok	Sencillo. Aunque debe ser situado correctamente, ya que el lavabo se encuentra en la parte posterior, por lo tanto se necesita que el mueble posea espacio enfrente, a un lado y atrás para uso y circulación.	Se puede usar para vivienda de nivel medio. No requiere de más instalaciones, sólo debe tomarse en cuenta el espacio que necesita para uso y circulación.	Como cualquier mueble de baño, sólo que la caja debe ser lavada constantemente para evitar sarro, así como también la taza.
WC Suite (Caroma)	Sencillo. Aunque se dificulta la actividad de lavarse las manos, ya que el lavabo se encuentra ubicado al frente, al igual que el WC.	Se puede usar para vivienda de nivel medio. No requiere de más instalaciones, sólo debe tomarse la dificultad al desarrollar la actividad de lavado de manos.	Como cualquier mueble de baño, sólo que la caja debe ser lavada constantemente para evitar sarro, así como también la taza.
Washup	Relativamente sencillo, esto debido a que las actividades que se desarrollan en ese mueble son el del lavado de ropa, al estar ubicado al frente la portezuela de ingreso de ropa, al igual que el WC, la actividad se complica, además los controles e incluso la misma portezuela se encuentran a una altura poco conveniente, esto debido al tanque de almacenaje que se encuentra justo sobre el WC, debajo de la lavadora.	Se puede usar para vivienda de nivel medio. Requiere de toma de corriente eléctrica. Debe tomarse en cuenta la dificultad al desarrollar la actividad de lavado de ropa.	Como cualquier mueble de baño y lavadora, sólo que la caja del WC debe ser lavada constantemente para evitar sarro, así como también la taza.

Con respecto a los tipos de tratamiento se pueden comparar cinco conceptos:

- **Espacio:** Se refiere al espacio que requiere, señala también si el tratamiento se realiza en el interior o exterior de la vivienda, y si necesita almacenaje de agua tratada.
- **Costo:** Este es relativo, en algunos casos no es posible calcular el costo debido a la magnitud del tipo de tratamiento; en otros ejemplos, el proveedor del equipo no da información respecto a este rubro sin firma de compra o simplemente son procesos que se arrojan, sin poseer un prototipo.
- **Adaptabilidad:** En este caso únicamente se considera si es posible adaptar el proceso a una vivienda unifamiliar de nivel medio.
- **Mantenimiento:** Este rubro muestra si el mantenimiento puede ser realizado por personal especializado y el tipo de mantenimiento que se debe realizar.
- **Funcionamiento:** Este rubro muestra si el equipo necesita de personal especializado y que tan complejo es el funcionamiento.



4.3. Análisis comparativo de los modelos existentes

Tabla 2. Análisis comparativo de los tratamientos de agua presentados.

MODELO	ESPACIO	COSTO	ADAPTABILIDAD	MANTENIMIENTO	FUNCIONAMIENTO
Lagunas de macrófitas	El espacio que se necesita es debe ser grande, depende del tipo de edificio. Necesita de cisterna de almacenaje.	Económico debido a su cobertura.	No es recomendable para utilizar en viviendas unifamiliares ni en conjuntos habitacionales pequeños por su extensión. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Cada 10 años, extracción de lodos. Podría necesitar de personal especializado para su mantenimiento.	Su funcionamiento es sencillo, es recomendable para utilizar en conjuntos habitacionales grandes o pequeñas ciudades. Podría necesitar de personal especializado para su funcionamiento.
Lechos de macrófitas o filtros vegetales	Requiere de 2 a 5m ² por habitante. Necesita de cisterna de almacenaje.	Económico.	Se puede aplicar a viviendas unifamiliares, pero necesita de espacio exterior para desarrollar sus procesos. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Casi nulo, extracción de lodos recomendable cada 10 años. No necesita de personal especializado para su mantenimiento.	Su funcionamiento es sencillo, no requiere de personal especializado para su funcionamiento.
Tratamiento de aguas grises (CONAFOVI)	Requiere de espacio exterior o interior, aunque es menor que el espacio de procesos biológicos. Necesita de cisterna de almacenaje.	Aceptable en casos donde el equipo pueda ser utilizado por un conjunto habitacional (más de 1 familia)	Puede ser adaptable a viviendas unifamiliares, aunque necesita de constante revisión si las sustancias se agregan de forma manual. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Requiere de mantenimiento debido a las sustancias agregadas. Requiere de personal especializado para el tanque de coagulación y floculación.	Su funcionamiento es medianamente complejo. Podría necesitar de personal especializado para su funcionamiento.
Humedal artificial	Requiere de espacio en el exterior, aunque sólo la parte del humedal debe ir expuesto.	Económico	Se puede aplicar a viviendas unifamiliares, pero necesita de espacio exterior para desarrollar sus procesos. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Requiere de extracción de lodos recomendable cada 10 años. No necesita de personal especializado para su mantenimiento.	Su funcionamiento es sencillo, no requiere de personal especializado para su funcionamiento.
Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación	Requiere de poco espacio al interior.	Económico.	Se puede adaptar a viviendas unifamiliares. Debe llevarse un control del proceso de tratamiento. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Requiere de mantenimiento constante. Retiro de partículas sedimentadas. Podría necesitar de personal especializado para su mantenimiento.	Su funcionamiento es medianamente complejo. Podría necesitar de personal especializado para su funcionamiento.
Sistema Aquacycle de Pontos	Requiere de espacio en forma vertical, dependiendo del número de habitantes	Costoso	No es aplicable a viviendas unifamiliares de nivel medio por el costo. Requiere de dobles instalaciones tanto en agua como en drenaje.	Necesita de mantenimiento llevado a cabo por personal especializado.	Su funcionamiento es complejo. Pero no necesita de personal especializado.



Capítulo 5. Modelo de Aprovechamiento de Aguas Grises Para Vivienda

Al momento de plantear un **MODELO**, debemos conocer el significado que posee esta palabra. Según la Real Academia de la Lengua Española, modelo significa: *Esquema teórico, de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento*. Por lo tanto, únicamente se desarrollará teóricamente arquetipo.

Le llamo de **APROVECHAMIENTO** ya que debe hacer uso correcto del agua, sacarle el máximo rendimiento. Lo anterior habla de que el agua debe ser utilizada, no desperdiciada, en la calidad necesaria para desarrollar diversas actividades sin ningún problema. Por lo tanto el modelo debe de eficientizar el uso del agua.

El modelo se focaliza en las **AGUAS GRISES**, tal vez no se desarrolle el aprovechamiento del agua gris de toda la vivienda; pero se logra reducir el consumo de agua potable y el agua residual desechada. El modelo podrá incorporar el tratamiento del agua gris y/o el reuso de dicha agua.

El modelo de aprovechamiento de aguas grises deberá adaptarse a **VIVIENDA** de nivel medio de la Ciudad de México, unifamiliar y de uno a dos niveles; pero, de ser posible, tratará de adaptarse a cualquier tipo de vivienda, en cualquier parte del mundo.

Cabe señalar que el tratamiento de aguas grises, no resuelve totalmente el problema de escasez de agua y contaminación que sufre la Ciudad de México, pero es una alternativa de reducir ambos problemas para que el usuario de la vivienda pueda desarrollar sus actividades relacionadas con este líquido.

El tratamiento y/o reuso de las aguas grises es sólo una parte del aprovechamiento total del agua. Existen procesos que aprovechan otro tipo de agua, como es el caso de agua de lluvia o las aguas negras; al desarrollarse en conjunto se complementan, haciendo un uso eficiente del líquido. En algunos lugares, al utilizar un sistema de aprovechamiento racional del agua, se logra ser autónomos de la red pública de agua potable, así como de la red de drenaje público; todo esto sin impactar negativamente el ambiente.

El incorporar a la vivienda tecnologías de aprovechamiento de agua se generan algunos beneficios, entre los cuales se destacan: comodidad de los habitantes, reducir la escasez y contaminación del agua, menor consumo de agua potable (lo cual genera que más personas puedan utilizar el agua); todo esto desencadena un impacto menor al ambiente.



5.1. Sistema de aprovechamiento racional del agua

El tratamiento de aguas grises no es un tratamiento aislado; forma parte de una estrategia general que tiene por objetivo no abastecer a la población actual, sino aprovechar un recurso limitado adaptándonos al ciclo natural del agua para con esto asegurar el agua a las generaciones futuras⁷⁵.

En la siguiente imagen (Fig. 1) se ejemplifica gráficamente cómo funciona este sistema de aprovechamiento del agua. Este proceso se lleva a cabo de la siguiente forma:

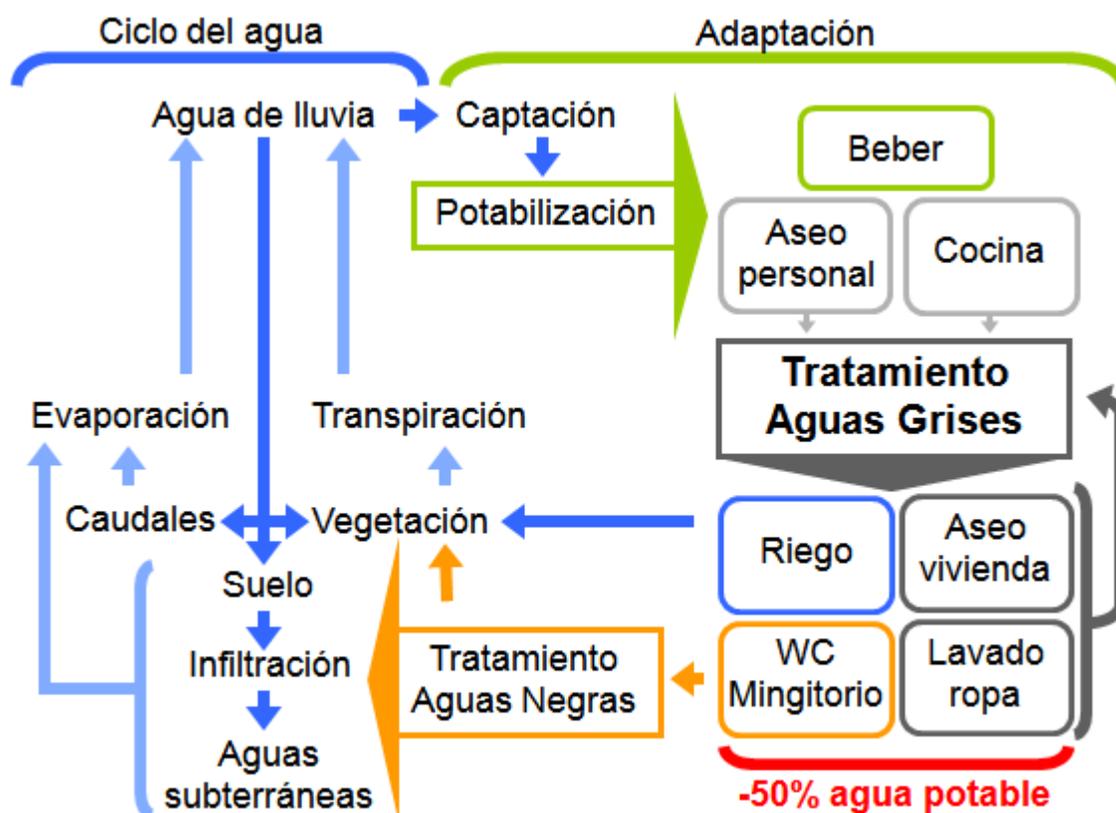


Fig. 1. Sistema de aprovechamiento racional del agua

⁷⁵ Con esto nos apegamos al concepto de desarrollo sustentable que se dio a conocer en 1987 por la Comisión de Medio Ambiente de la ONU en un documento titulado "Nuestro futuro común", también conocido con el nombre de "Informe Brundtland".

Desarrollo Sustentable: aquel que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.



5.1. Sistema de aprovechamiento racional del agua

El agua de lluvia, que es captada y potabilizada, es utilizada en actividades que requieren de esta calidad de agua; como lo son: beber, asearnos y actividades relacionadas con la cocina. De las dos últimas obtenemos agua gris, la cual es tratada y reutilizada en actividades que no requieran agua potable; por ejemplo: riego, aseo de la vivienda, lavado de ropa, WC y en algunos casos, mingitorio. El agua de riego se incorpora automáticamente al ciclo natural del agua, la del aseo de vivienda y lavado de ropa pueden regresar al tratamiento de aguas grises y ser tratadas nuevamente para reutilizarse, mientras que el agua proveniente de WC y mingitorio debe pasar por un tercer tratamiento para incorporarse a la naturaleza sin problema alguno de contaminación.

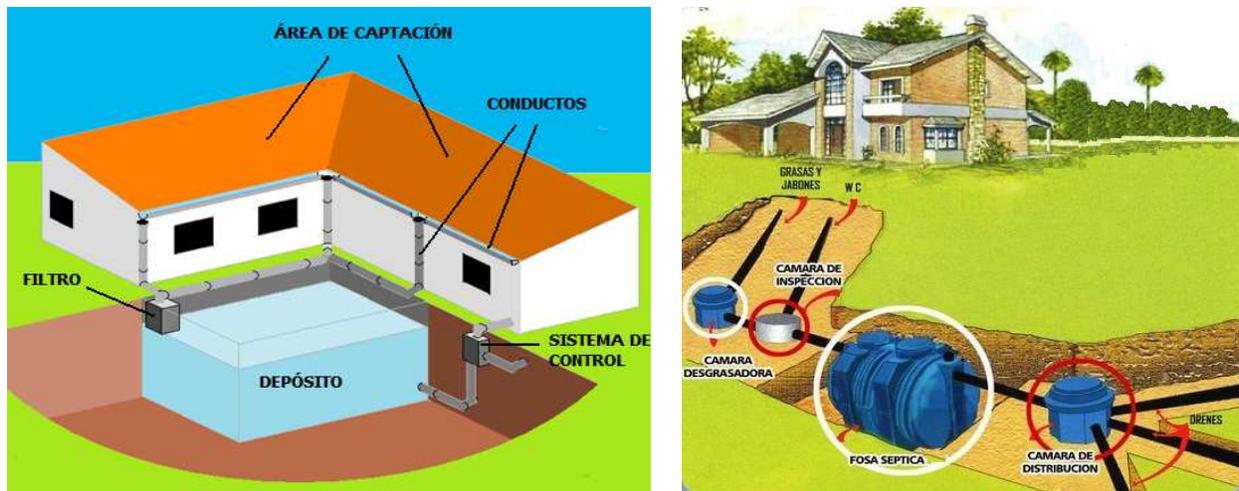


Fig. 2. Izquierda: Captación de agua pluvial. Derecha: tratamiento de aguas residuales.

Al reutilizar las aguas grises obtenemos un ahorro de hasta el 50% de agua potable, este porcentaje depende de las costumbres, la ubicación e incluso el tipo de vivienda.

Debemos contemplar también el uso de sistemas ahorradores de agua, como regaderas ahorradoras o WC de doble descarga, que utilizan menor cantidad de agua y son eficientes. Estas tecnologías se han vuelto una alternativa para disminuir el consumo de agua sin sacrificar la comodidad del usuario.



Fig. 3. WC duo, descarga de 3 y 6 litros. / Regadera Bahía Cromo, 4-10 litros por minuto. / Mingitorio seco.

5.2. Características que debe tener un modelo adaptable a la Ciudad de México

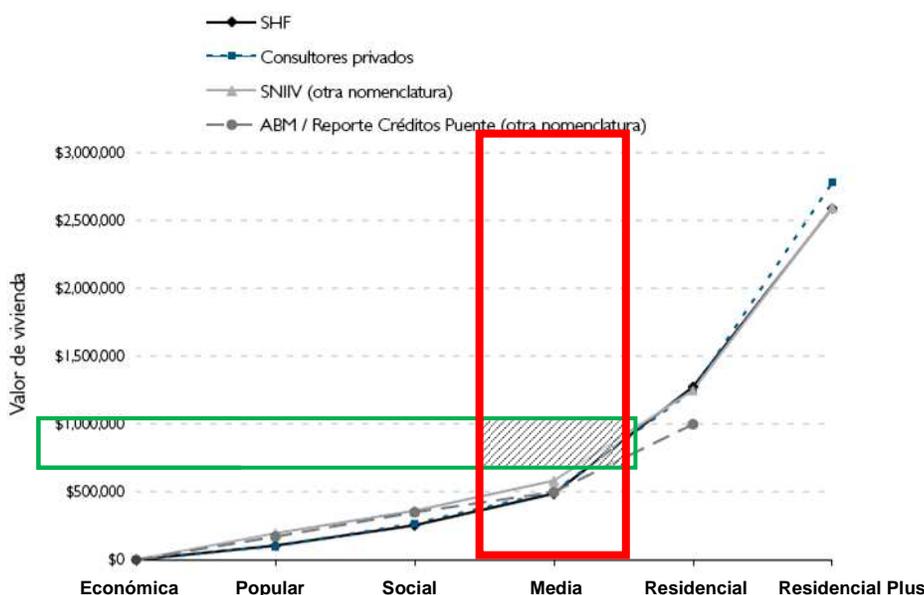
Para poder generar un modelo que se adapte a las necesidades de la vivienda de nivel medio de la Ciudad de México, primero debemos de conocer cómo es este tipo de vivienda.

Los agentes que participan en el mercado de vivienda en México clasifican de diferente forma las viviendas según su valor o precio; tales son los casos de la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda (INFONAVIT), Comisión Nacional de Vivienda CONAVI y Asociación Hipotecaria Mexicana (AHM).

La segmentación del mercado habitacional está referida en términos de dólares y también en salarios mínimos. La tipología de vivienda es clasificada por la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) de la siguiente forma: Económica, Popular, Social, Media, Residencial y Residencial Plus.⁷⁶

A continuación se presentan las distintas clasificaciones, se comparan las tipologías de vivienda y su valor.

Tabla 1. Clasificaciones y tipologías de vivienda. Topes mínimos.

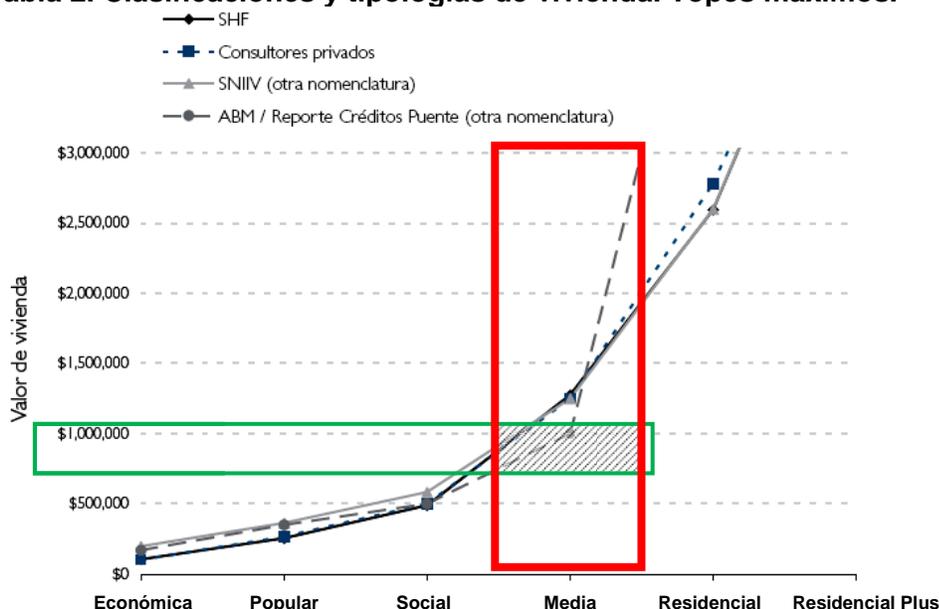


⁷⁶ Estado Actual de la Vivienda en México 2009. Primera edición, Septiembre de 2009.



5.2. Características que debe tener un modelo adaptable a la Ciudad de México

Tabla 2. Clasificaciones y tipologías de vivienda. Topes máximos.



En las gráficas anteriores marco de rojo la clasificación de vivienda media, mientras que en verde está el costo homologado que obtuvo la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificaciones Homologadas

	RANGO SMMDF 2008	DE	HASTA \$1,665.92
Económica	hasta 118		\$299,866
Popular	de 118 a 218	\$299,866	\$363,171
Social	de 218 a 350	\$363,171	\$583,072
Media	de 350 a 750	\$583,072	\$1,082,848
Residencial	de 750 a 1,560	\$1,082,848	\$2,598,835
Residencial Plus	mayor a 1,560	\$2,598,835	en adelante

Es importante conocer las características de las personas que habitan una vivienda de nivel medio en la Ciudad de México. Con base en la Tabla 4⁷⁷, una vivienda está constituida por 4.08 habitantes, de los cuales 1.1 son menores de 14 años, 2.6 de 14 a 64 años y 0.3 de más de 65 años. Lo anterior significa que 1.1 personas se encuentran estudiando, por lo tanto pasan medio día fuera de sus viviendas; 1.1 personas mayores de 14 años se encuentran sin empleo, lo que significa que permanecen todo el día en sus casas, lo que genera mayor consumo de agua; 1.8 personas se encuentran trabajando, como pasan la mayor parte del tiempo fuera, desarrollan actividades en sus viviendas durante la mañana y noche. Esta información nos sirve para comprender el consumo real de agua en una familia promedio de la Ciudad de México.⁷⁸

⁷⁷ *Ibidem.*

⁷⁸ Para mayor información ver Capítulo 2, punto 2.3 de este documento.



5.2. Características que debe tener un modelo adaptable a la Ciudad de México

Tabla 4. Viviendas y hogares en México, 2000-2008

CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS Y ECONÓMICAS	2000	2008	VAR. % 2000-2008
Total de Viviendas	23,364,983	26,180,793	12.05
Total de Hogares	23,667,479	26,732,594	12.95
Total de residentes de la vivienda	99,280,124	106,866,209	7.64
Total integrantes del hogar	98,310,615	106,719,348	8.55
PROMEDIO			VAR. 00-08
Hogares por vivienda	1.01	1.02	0.01
Tamaño del hogar	4.2	4.0	(-)0.16
Edad del jefe	45.4	48.2	2.8
Integrantes del hogar menores de 14 años	1.3	1.1	(-)0.20
Integrantes del hogar de 14 a 64 años	2.6	2.6	0.00
Integrantes del hogar de 65 años y más	0.2	0.3	0.10
Integrantes del hogar de 14 años y más económicamente activos	1.7	1.8	0.10
Integrantes del hogar de 14 años y más no económicamente activos	1.3	1.1	(-)0.20
Integrantes del hogar ocupados de 14 años y más	1.7	1.7	0.00
Perceptores por hogar	1.9	2.3	0.4

Para generar un modelo de aprovechamiento de aguas grises que sea adaptable a la vivienda, también debemos de revisar características importantes de la misma:

El espacio: El espacio con el que cuenta una familia en la Ciudad de México es mínimo. Por un lado las familias de nivel medio tienen la posibilidad de tener casa propia y pueden desarrollar el tratamiento con menor problema; por otro lado, aunque la mayor parte de las familias que se encuentran en esta clasificación respetan la distribución promedio que menciono anteriormente, el inconveniente es que en una vivienda suelen vivir dos o tres familias; por lo tanto, aunque no trate de vivienda de interés social, se debe pensar en un espacio mínimo para generar este modelo.

Por este hecho es conveniente plantear un tratamiento y/o reuso que no requiera de gran espacio. Es recomendable el reuso, pero es problemático el almacenaje del agua sin tratamiento previo; por tal motivo se plantea, que antes de almacenar, reciba un tratamiento mínimo para eliminar las sustancias jabonosas y las grasas.



5.2. Características que debe tener un modelo adaptable a la Ciudad de México

Instalaciones: Como lo mencioné en el capítulo cuarto de este trabajo, las dobles instalaciones se hacen presentes para eficientizar diversos tratamientos; en el tipo de vivienda que estamos analizando, el generar dobles instalaciones implica generar una nueva red de drenaje de aguas grises, así como una de abastecimiento a muebles con agua tratada. Por tal motivo es conveniente que el tratamiento y/o reuso del agua se realice en dos partes:

1. El agua que se obtiene de fregadero, lavaplatos y lavadora, con ayuda de un tratamiento⁷⁹, se reutilizará en lavadora, riego, aseo de vivienda y lavado de auto.
2. El agua proveniente de regadera y lavabo, con ayuda de un tratamiento⁸⁰, podrá ser utilizada en WC y aseo de vivienda.

Realizando esta separación, podemos generar menor recorrido de instalaciones y almacenaje.

Uso: Dependiendo de la complejidad de uso y/o mantenimiento del tratamiento que se utilice, facilitará o dificultará la adopción de esta tecnología.

Por otro lado deberán establecerse reglas que el usuario tendrá que respetar para que el sistema funcione correctamente. El modelo deberá adaptarse a la mayor parte de los usos cotidianos del agua en la vivienda, esto facilitará el uso de esta tecnología sin generar conflictos de costumbre.

⁷⁹ Este tratamiento es definido en el punto 5.3.2 de este capítulo.

⁸⁰ *Ibidem*.



5.3. El modelo

5.3.1. Descripción

El agua gris se obtiene de tres grandes actividades. La primera se relaciona con el aseo personal, agua de regadera y lavabo, y se puede reutilizar inmediatamente en WC y aseo de vivienda, debido a la cercanía de la actividad. La segunda, se refiere al lavado de ropa, agua proveniente de la lavadora, y se usaría en la misma, haciendo uso también para riego y aseo de vivienda. La tercera actividad es la relacionada con la cocina, se obtiene el agua del fregadero y lavaplatos; estas actividades están relacionadas con los alimentos y por lo tanto con la grasa, en un tratamiento biológico se podría reutilizar en riego.

El modelo de aprovechamiento de aguas grises para vivienda utilizará únicamente el agua proveniente de la regadera, lavabo y lavadora. Se desecha la opción de captar el agua gris de la cocina debido a que contiene grasa en cantidad considerable; para ser utilizada, necesitaría un pretratamiento; sin embargo, el agua resultante aún contiene un porcentaje pequeño de grasa, el cual genera un conflicto al filtrar en el tratamiento elegido⁸¹, así como en los muebles y las actividades desarrolladas con el agua gris tratada.

La figura 4 se muestra la distribución del agua gris utilizada y reutilizada. En rojo se encuentra señalada el agua con grasa, aunque en el modelo desarrollado en este trabajo no se ocupe, si puede ser reutilizada con otro tipo de tratamiento⁸².



Fig. 4. Distribución de agua gris en vivienda

⁸¹ El cual se explica a detalle en el punto 5.3.2 de este capítulo.

⁸² Los tratamientos biológicos son utilizados para procesar la grasa, siempre ayudados de pretratamientos que quitan el exceso, por ejemplo: trampa de grasas.

5.3.1. Descripción

En la distribución de la Fig. 4, las actividades se dividen para generar menor recorrido de instalaciones y dividir el almacenaje, por lo que es sencillo incorporar el tratamiento a una vivienda construida⁸³, pero es indispensable contemplar la posibilidad de una vivienda nueva⁸⁴, que por sus características requiere de un proceso en conjunto.



Fig. 5. Esquema de Modelo de Tratamiento.
Opciones en de vivienda construida y vivienda nueva

Para la vivienda construida se requieren de dos opciones en el modelo, uno es contemplando el aseo personal y otro el lavado de ropa; esto debido al inconveniente que significa generar dobles instalaciones en toda la vivienda: una para desechar las aguas grises y otra para suministrar agua tratada a muebles. En este tipo de vivienda podemos generar ambas opciones, o en su defecto centrarnos en una sola, además la Opción 1 puede repetirse dependiendo del número de baños. Con una sola opción obtenemos un ahorro considerable de agua potable y una menor cantidad de agua desechada.

En la vivienda nueva, por el contrario, debido a que puede ser planeada con dobles instalaciones, podemos disminuir los gastos de colocar dos o tres opciones en la vivienda y generar un modelo conjunto, el cual incorpore ambas actividades, sean tratadas al mismo tiempo y almacenadas en un solo lugar.

⁸³ La vivienda construida se toma como viviendas que en su diseño, no fue contemplado el tratamiento y reuso de las aguas grises, por lo tanto fueron construidas de forma convencional.

⁸⁴ La vivienda nueva se refiere a viviendas que son diseñadas contemplando las dobles instalaciones, el área de tratamiento y el almacenaje del agua gris.

5.3.2. Tratamiento de aguas grises

En un principio se utilizó el tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación que presenta Carlos Sagredo⁸⁵, el cual consistía en tres pasos:

1. Proceso de adsorción por rectificación en espuma.
2. Precipitación de los jabones, mediante sales de calcio.
3. Inyección nuevamente aire (sustancia importante CO₂).



Fig. 6. Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación

Tiempo después, al hacer contacto con el Dr. Jesús Gracia Fadrique, me explicó que existía otra persona que estaba realizando una mejora a este trabajo, su nombre es Mariana García Vera⁸⁶, ella busca eliminar uno de los pasos, el primero, el cual se equilibra agregando cal en exceso.

El proceso se realiza de la misma forma que la de Carlos Sagredo, únicamente varían la cantidad de cal que se agrega, así como el tiempo de exposición con CO₂.

El tratamiento se realiza de la siguiente forma:

Se obtiene el agua gris. Los jabones contienen tensoactivos, particularmente iónicos, lo cuales reaccionan con el hidróxido de calcio produciendo jabones insolubles que logran precipitarse para después ser filtrados; con este proceso se obtiene agua transparente, sin contenido aparente de sustancias contaminantes, pero adquiere un grado alcalino de 12pH.

⁸⁵ El proceso se explica con mayor detalle en el capítulo 4 de este trabajo.

⁸⁶ Está realizando su tesis titulada "Tratamiento de aguas grises con alternativas factibles y económicas", Facultad de Química de la UNAM, bajo la dirección del Dr. Jesús Gracia Fadrique, tutor de Carlos Sagredo.

5.3.2. Tratamiento de aguas grises

Éste nivel de pH genera un ambiente problemático para la sobrevivencia de una gran cantidad de virus y gérmenes; es importante ajustar este nivel antes de pasar a través de tuberías, sistemas de almacenaje y muebles; ya que podría formar una película, comúnmente llamada sarro. Esto se ajusta con la inyección de CO₂ (Fig. 7) o en su defecto agregando:

Tequesquite:	Es una sal mineral natural. Químicamente es un mineral alcalino compuesto por diversos minerales que cambian de acuerdo a la donde se obtenga. Está compuesto principalmente por bicarbonato de sodio y sal común (cloruro de sodio); pero también contiene carbonato de potasio, sulfato de sodio y arcilla. Su apariencia es la de la sal común de mesa de grano grueso, pero con un color grisáceo.
Coagulantes (como el alumbre):	Favorece la separación de una fase insoluble en agua por medio de sedimentación. El coagulante es un compuesto químico que inestabiliza la materia suspendida en forma coloidal, a través de la alteración de la capa iónica cargada eléctricamente que rodea a las partículas coloidales. Coagulantes típicos son las sales de hierro y aluminio (Fig. 7).
Carbonato de sodio:	Empleo del carbonato de sodio en aquellos procesos en los que hay que regular el pH de diferentes soluciones, así como en los procesos de flotación.
Bicarbonato de sodio:	Es un compuesto sólido cristalino de color blanco muy soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato de sodio. Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente. Cuando se expone a un ácido moderadamente fuerte se descompone en dióxido de carbono y agua.



5.3.2. Tratamiento de aguas grises

Al finalizar se filtra nuevamente y se obtiene agua tratada adecuada para utilizar en WC, lavado de ropa y aseo de la vivienda. A continuación muestro un gráfico que ilustra el proceso de tratamiento de manera más simple:

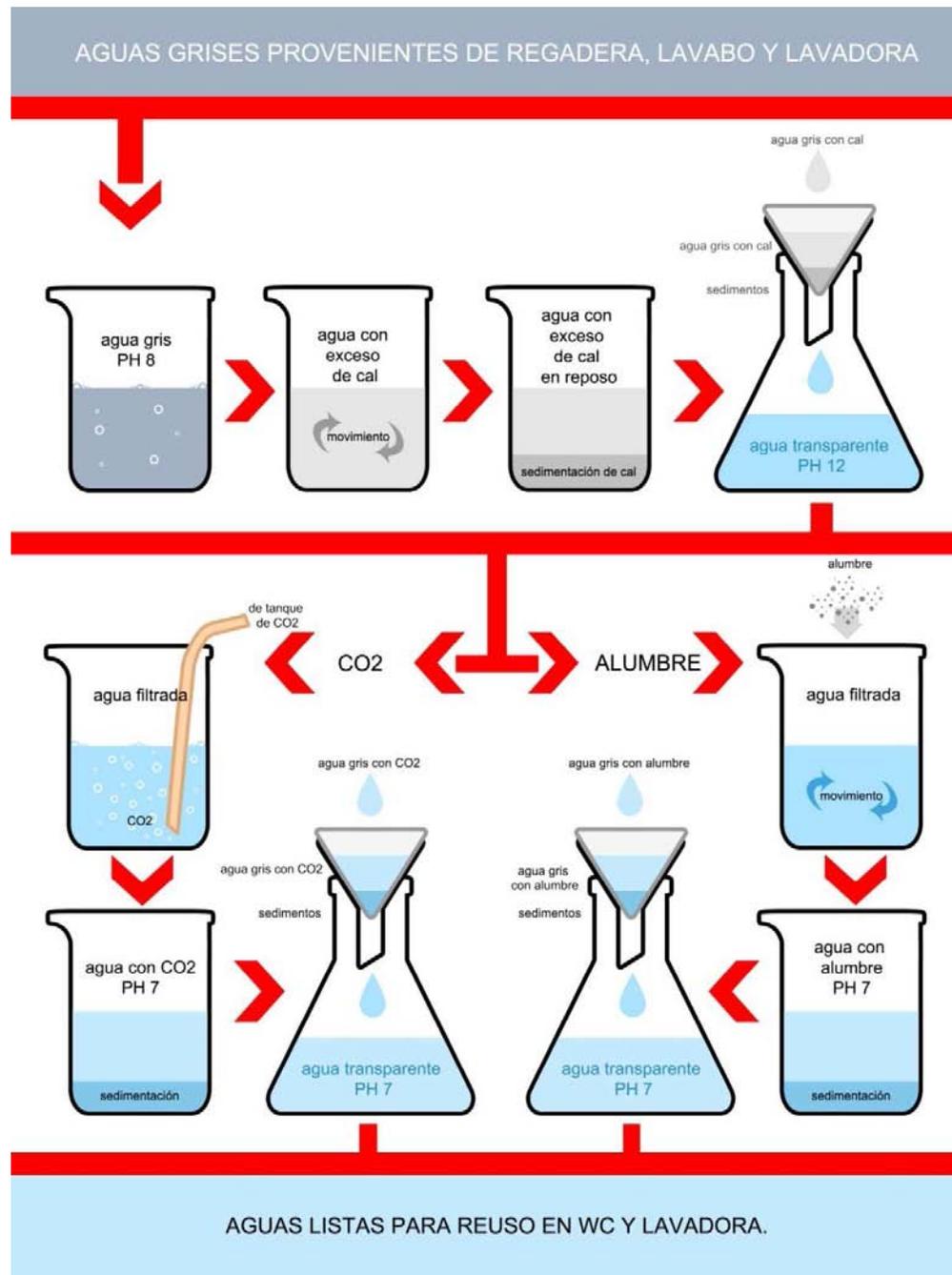
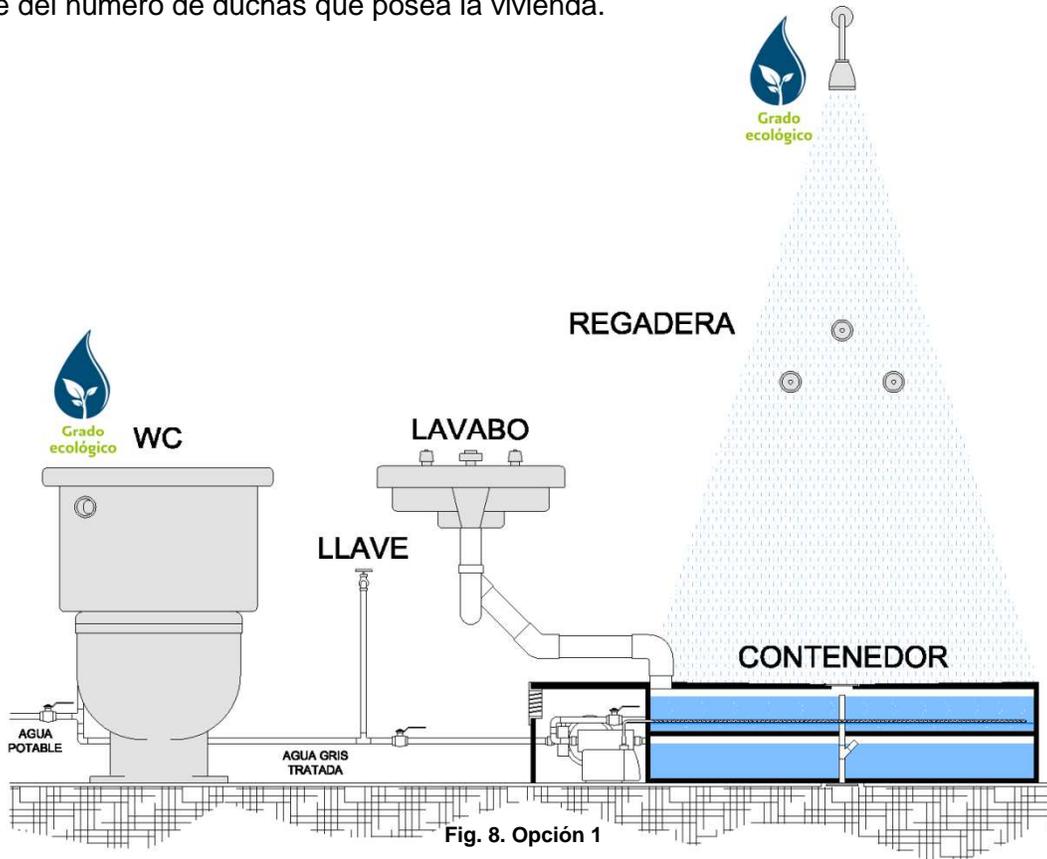


Fig. 7. Procesos en experimento para tratamiento de aguas grises.



5.3.3. Opción 1

La Opción 1, del Modelo de Aprovechamiento, será utilizado para viviendas construidas; captará el agua gris proveniente de la regadera y del lavabo, será almacenada en el “contenedor”⁸⁷, ubicado sobre el piso de la regadera; en el cual el agua será tratada para ser enviada, por medio de un presurizador, al WC, es deseable tener una salida de agua para aseo de la vivienda (Fig. 8). Esta opción deberá repetirse según el nivel de ahorro que se quiere generar, y depende del número de duchas que posea la vivienda.



La regadera y el WC a utilizar deberá tener un Grado Ecológico, esto quiere decir que por norma⁸⁸ las regaderas deberán tener un consumo menor a 3.8 litros por minuto y los WC cinco litros por descarga. Estas tecnologías se proponen para que por sí solas ya generen ahorro. Existen regaderas que no poseen grado ecológico, pero aún así se les considera ahorradoras debido a que no consumen la misma cantidad de agua que las regaderas antiguas o algunas regaderas modernas.

El agua que se necesita para que una persona se pueda duchar adecuadamente en regadera va de 20 a 35 litros. Para disminuir el consumo de agua potable, se propone el uso de regadera con Grado Ecológico y un tiempo de uso no mayor a 10 minutos por ducha.

⁸⁷ Ver en Fig. 9. Contenedor de Opción 1, página 78 de este documento

⁸⁸ Para mayor especificación ver Capítulo 2 normas NOM-008-CNA-1998 y NOM-009-CNA-1998



5.3.3. Opción 1

A continuación muestro una tabla que compara regaderas existentes, se contempla el consumo por minuto, el ideal de consumo (20 a 35 litros por ducha) y el gasto de agua si se usara el tiempo promedio de una ducha (10 minutos). De la regadera antigua a la regadera con Grado Ecológico se obtiene ahorro de 26.2 litros por minuto, 262 litros en diez minutos, lo que significa que únicamente usando esta tecnología disminuimos el consumo de agua potable.

Tabla. 5. Consumos por tipo de regadera.

	Tipo de regadera	Consumo	Ideal de consumo (20-35 L/ducha)	Consumo 10 minutos
	Regadera antigua	30 L/min	40 seg – 1.2 min	300 L
	Regadera moderna	18 L/min	1.1 min – 1.9 min	180 L
	Regadera ahorradora	7 L/min	2.9 min – 5 min	70 L
	Regadera de Grado Ecológico	3.8 L/min	5.3 min – 9.2 min	38 L

El “contenedor” (Fig. 9), como su nombre lo indica, contiene el agua gris y el agua tratada; por lo cual se consideran dos cámaras. La primera, además de contener el agua gris, es el recipiente dónde se desarrolla el tratamiento; está adaptado para cumplir con esta función. La segunda cámara solamente contiene el agua ya tratada, es de donde se suministra agua al WC y la llave de salida. En la parte superior del contenedor la superficie debe ser antiderrapante, con pendiente al centro, donde se ubica una coladera fina, para evitar el paso de cabellos u objetos que puedan obstruir tuberías o filtros.

La Cámara 1 alberga una manguera perforada conectada a una bomba de pecera; la función que se cumple es generar movimiento para que la cal actúe con el agua jabonosa, así como también le suministra el CO₂ o, en su defecto, la circulación necesaria para mezclar el alumbre y equilibrar el pH del agua. Debe poseer un soporte que la mantenga lejos de los sedimentos



5.3.3. Opción 1

para facilitar la limpieza de las partes del contenedor y evitar que se forme una película que dificulte su retiro. En esta cámara existe una entrada de agua proveniente del lavabo y una salida de agua; la cual, al momento de que se sedimente la cal, deberá ser abierta para que el agua sea filtrada, para eliminar los flóculos suspendidos, y dirigida a la Cámara 2.

La Cámara 2 sirve para almacenar el agua de un día. La familia de nivel medio posee un promedio de 4 personas; se considera que cada vivienda posee dos baños, dos personas por baño que se ducharán y utilizarán el lavabo. Esta cámara debe tener una entrada de agua potable controlada por medio de una válvula de paso.

Ambas cámaras deberán de poseer un rebosadero, el cual se conectará con la coladera que se encuentra debajo del contenedor (que en un inicio era la coladera de la ducha).

Si el gasto de agua de la regadera es de 38 L/hab/día⁸⁹ y el del lavabo es de 3.5 L/hab/día, tenemos un consumo total de 83 L/día, contemplando las pérdidas por utilización tenemos 66.4 L/día en total para aprovechar en utilización de WC y aseo de vivienda.

El contenedor deberá ser de 90 por 90 por 20 cm y el agua tratada obtenida, representa 13 descargas de WC con Grado Ecológico. El proceso se deberá hacer diario, con un tiempo de almacenaje de un día del agua gris sin tratar.

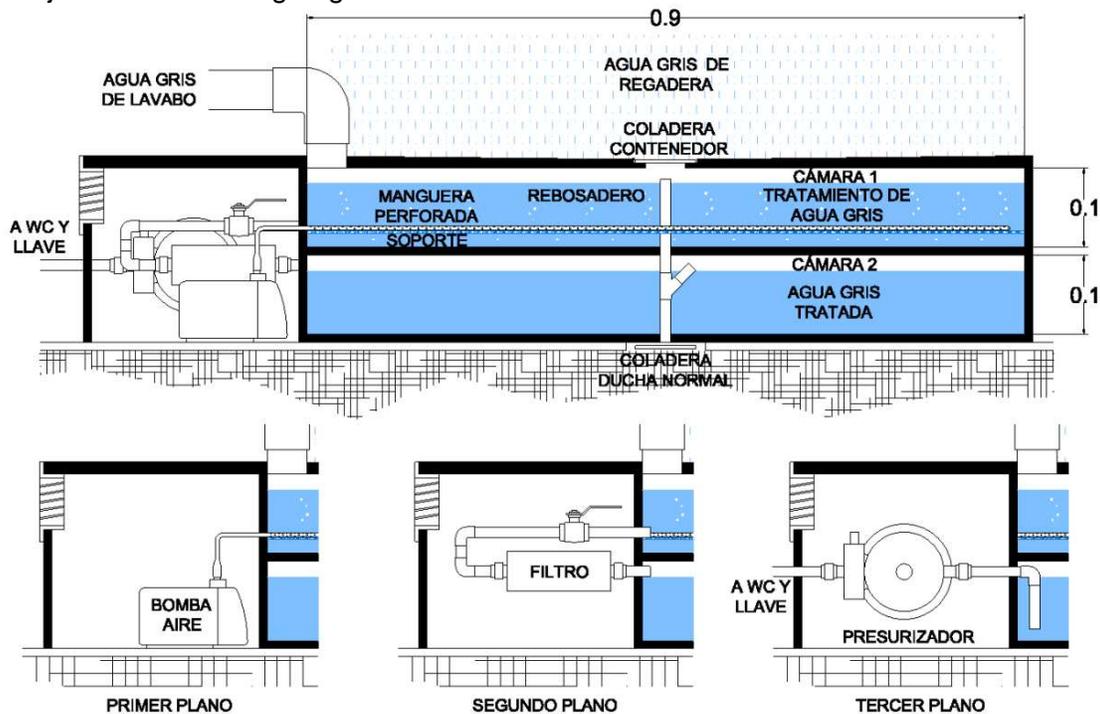


Fig. 9. Contenedor de Opción 1

⁸⁹ La regadera se considera de grado ecológico, con un tiempo de uso promedio de 10 minutos.



5.3.4. Opción 2

La Opción 2 será utilizada para viviendas construidas, empleará el agua de la lavadora y la almacenará en el “contenedor”, éste debe estar ubicado a un metro de altura de la superficie donde se encuentra la lavadora, el agua se tratará en la Cámara 1, como en la opción anterior, y será enviada de regreso a la lavadora por gravedad (Fig. 10).

Algunas lavadoras poseen doble entrada de agua, caliente y fría; de ser así, el agua tratada será utilizada únicamente como agua fría, el agua caliente se obtendrá por medio de la instalación normal.

En la Cámara 1, al igual que en la Opción 1, el movimiento del agua se generará por medio de una bomba de pecera, de mayor capacidad, únicamente se tendrá que colocar la manguera perforada en dos niveles.

Esta opción y la anterior se complementan para reutilizar mayor cantidad de agua gris, aunque pudieran generarse de forma independiente.

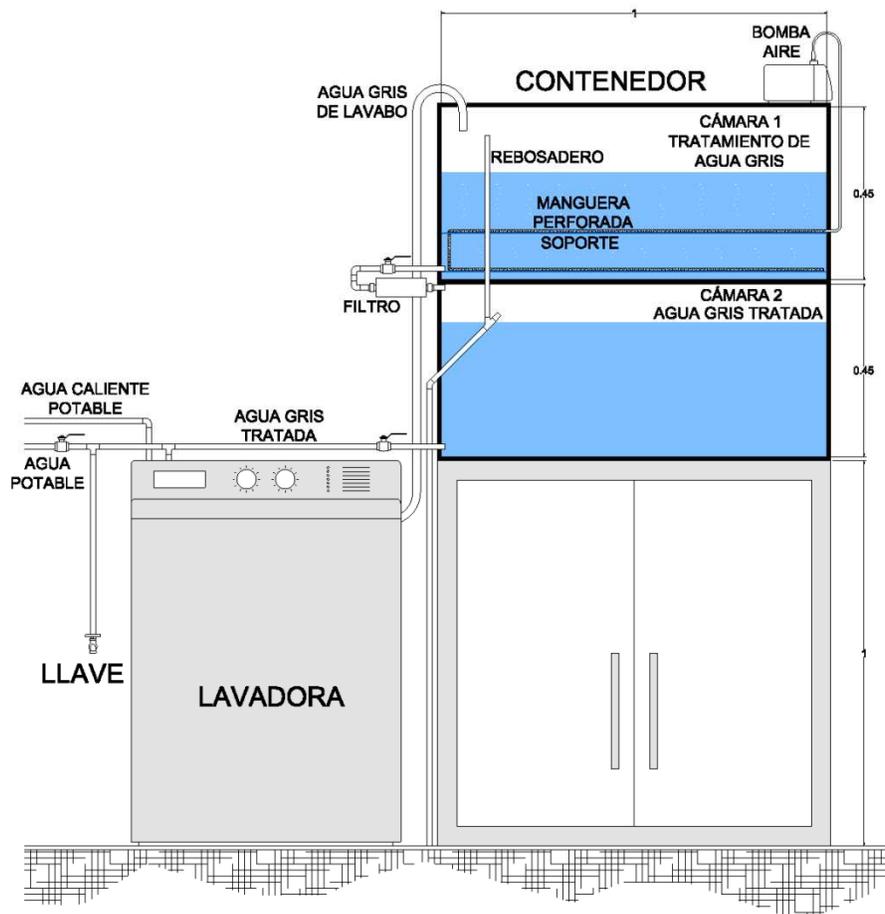


Fig. 10. Opción 2



5.3.4. Opción 2

Existen varios tipos de lavadoras, de diferentes cargas, pero la mayoría coincide en el consumo de agua⁹⁰.

Si la vivienda posee cuatro integrantes de familia en promedio y la ropa que usamos diariamente pesa entre 0.8 a 1.6 kg⁹¹, tomando el peso mayor, se generarían 6.4 kg/día, lo que a la semana se convierte en 44.8kg.

Al ver el agua que gastan las lavadoras en el mercado mexicano, puedo decir que una media de 7.6 litros son gastados por kilo de ropa⁹². Si hacemos la multiplicación por los kilos de ropa que se generan a la semana, tenemos un gasto de 340.5 litros por semana. Al contemplar las pérdidas por uso, tenemos 271 litros de agua gris tratada por semana lista para ser reutilizada.

El “contenedor” (Fig. 10) debe ser de 100 por 100 por 90 cm, el proceso se realizará por semana, aunque el tratamiento debe ser realizado entre el primero y segundo día de lavado; el agua del tratamiento tanto no cubre la dotación de agua que se requiere para una segunda semana, por lo tanto se utilizará agua potable para la dotación total.

Tabla 6. Consumos de agua de lavadoras comerciales en México

KILOS	GASTO AGUA (litros)	MARCA	NÚMERO CICLOS
8	62	Bosch	5.6
10	77	Easy, LG	4.5
11	85	Easy, Mabe, LG, Daewoo	4.1
12	92	Daewoo, Bosch	3.7
13	100	LG, Daewoo	3.4
14	108	Mabe, LG	3.2
15	115	Easy, Mabe	3
16	123	Easy, Mabe	2.8

⁹⁰ Existen lavadoras que ahorran agua en su ciclo de lavado, sin embargo no se consideran dentro de este modelo debido a que gastan mayor cantidad de energía para desarrollar sus funciones.

⁹¹ Contemplando una muda de ropa: pantalón (jeans y formal), blusa / camisa, suéter ligero, camiseta, ropa interior y calcetines.

⁹² Con enjuague sencillo y lavado con carga completa. Promedio de lavadoras marca Mabe, Bosch, LG, Daewoo y Easy



5.3.5. Opción 3

La Opción 3 será utilizada para viviendas nuevas, trabaja en conjunto con el agua proveniente de regadera, lavabo y lavadora, ésta es almacenada en el “contenedor” (Fig. 12), que por sus dimensiones asemeja la forma de una pequeña cisterna, de la misma forma que funciona ésta, se suministra el agua a los diferentes muebles por medio de una doble instalación (Fig.11).

Todos los muebles deben poseer una alternativa de agua potable⁹³, debido a que es posible que se presente agotamiento de agua tratada. Podemos remplazar esta alternativa generando una entrada de agua potable al contenedor⁹⁴

El contenedor funciona con el mismo principio que los anteriores, consta de dos cámaras, donde se desarrolla el mismo tratamiento. En el proceso de mezclado, se incorpora el uso de una bomba para recircular el agua, esta recirculación no incluye el proceso de CO₂ por inyección, se tendrá que incorporar el uso de alumbre que es el que equilibrará el pH (Fig. 12).

Tomando como referencia los consumos que se utilizaron en los Modelos 1 y 2, se considera que se obtienen 132.8 L/día de agua tratada provenientes del aseo personal y 272 L/semana de agua proveniente del lavado.

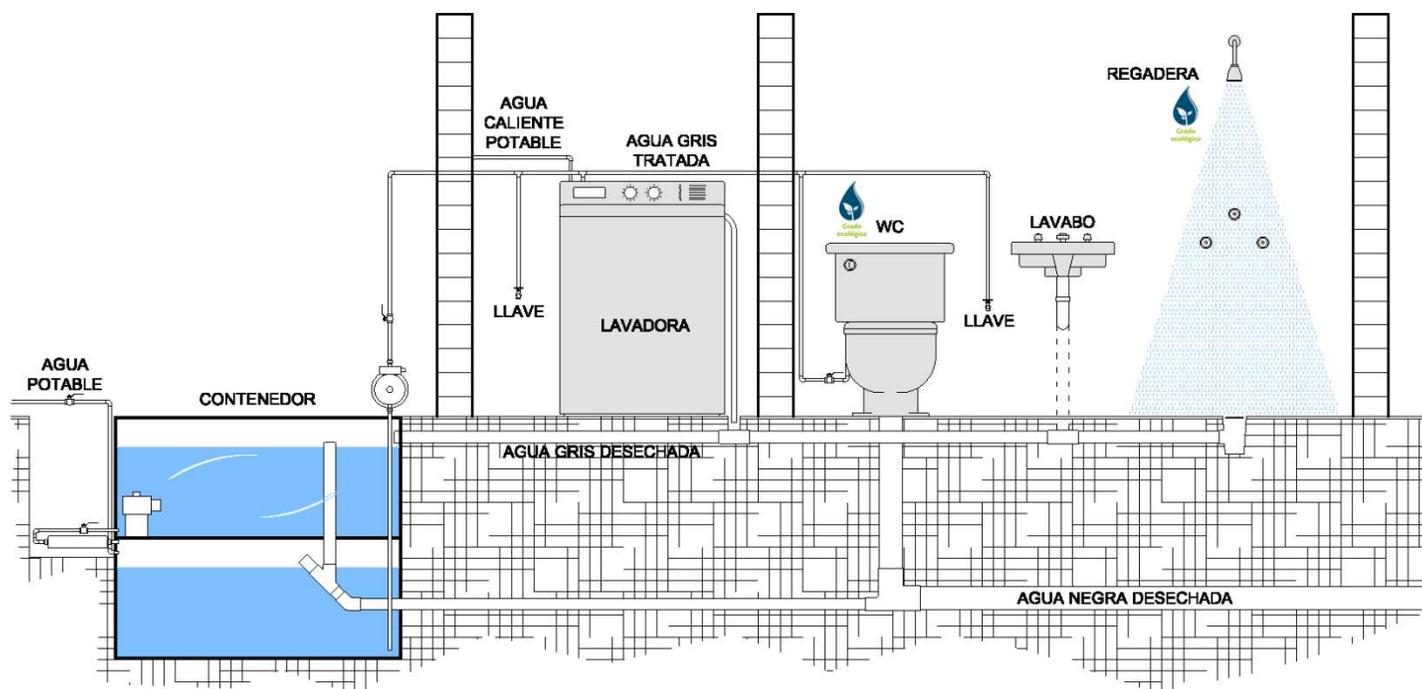


Fig. 11. Opción 3

⁹³ Opción 1 en Figura 11.

⁹⁴ Opción 2 en Figura 11.



El agua gris no puede permanecer almacenada sin tratamiento por más de dos días, por lo tanto el máximo de descarga que se tendrá es de 537.6 litros, éste será el almacenaje máximo. El tanque tendrá unas dimensiones de 120 cm por 120 cm por 100 cm, esta dotación alcanzará para el lavado de ropa de una semana, así como 37.5 descargas de WC (con Grado Ecológico). El proceso de tratamiento se realizará cada dos días y tendrá un almacenaje de dos días.

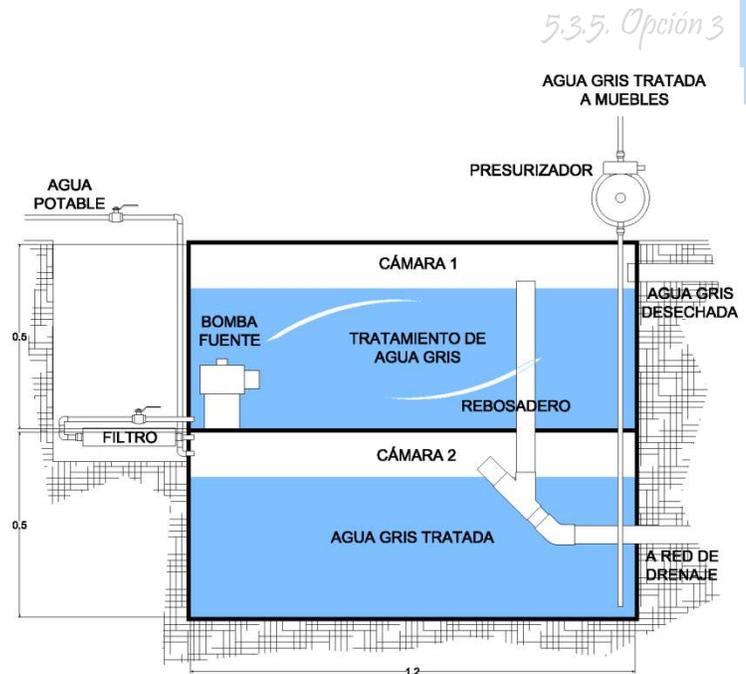


Fig. 12. Contenedor de Modelo 3

5.3.6. Comparativa de modelos

Tabla 7. Tabla resumen de modelos propuestos

	OPCIÓN 1 ASEO PERSONAL	OPCIÓN 2 LAVADO DE ROPA	OPCIÓN 3 PROCESO COMPLETO
No. opciones por vivienda	2	1	1
Agua gris tratada por opción a la semana	464.8 litros (vivienda 929.6 litros)	272 litros	1201.6 litros
Tamaño mínimo de contenedor (largo x ancho x alto)	90 x 90 x 20cm	100 x 100 x 90 cm	120 x 120 x 100 cm
Reutilización	WC y aseo vivienda	Lavadora, aseo vivienda, riego	WC, lavadora, aseo vivienda, riego
Utilización por semana	91 descargas WC	Lavado del 80% de la ropa semanal (el resto de la red)	Lavado de ropa 1 semana y 172 descargas WC
Tratamiento	Diario	Diario	Cada dos días
Almacenaje	Un día	Una semana	Dos días



5.3.6. Comparativa de opciones

Las tres opciones se generan a través del mismo tratamiento, únicamente cambia la forma en la que se ordena la disposición de las aguas grises, esto influye directamente en el costo de la instalación.

En el caso de la Opción 1 y 2 se diseña separando las actividades, reutilizando el agua en actividades cercanas para generar menor recorrido de dobles instalaciones, las cuales requieren de perforar y adaptar la construcción al tratamiento; por tal motivo estas dos opciones son complementarias para la vivienda construida.

La Opción 1 está diseñada únicamente para la implementación en un baño completo⁹⁵. Si en promedio una vivienda de nivel medio, unifamiliar, cuenta con dos baños, la Opción 1 tendría que aparecer dos veces en la vivienda, el tratamiento debe realizarse diariamente.

La Opción 2 está diseñada para ser utilizada semanalmente, sólo se requiere de un sistema de tratamiento por vivienda, es el modelo que a mi parecer resulta el más cómodo, debido a que el proceso se desarrollaría semanalmente.

En el caso de vivienda nueva, tenemos otra opción, que es diseñar la vivienda planteando con anterioridad el tratamiento y la reutilización de las aguas grises, donde las instalaciones tendrían que ser separadas y ya no habría una doble instalación. Tal es el caso del Modelo 3, el cual genera un solo proceso para todas las aguas y se tendría que desarrollar cada dos días, en este modelo se plantea el volumen máximo de agua que tendríamos en dos días.

5.3.7. Manual de uso

El Modelo de Tratamiento de Aguas Grises, a pesar de que posee tres opciones, el contenedor desarrolla la misma función que es tratar las aguas grises y almacenar el agua tratada por medio de dos cámaras.

Debido a que el Modelo en esta etapa de la investigación se logró desarrollar sólo en forma manual, el nuevo usuario debe aprender cómo se debe de realizar el tratamiento y qué se recomienda evitar para su correcto funcionamiento.

▼ OPCIÓN 1:

Paso 1: El agua proveniente de la regadera y el lavabo es vertida en la cámara 1 del contenedor; la tapa del mismo, por medio de la inclinación que posee, conduce el agua a una coladera que desemboca a la cámara 1.

⁹⁵ Regadera, lavabo y WC.



5.3.7. Manual de uso

- Paso 2: El contenedor posee la capacidad de tratar el agua de dos duchas de 10 minutos con regadera de Grado Ecológico. Por tal motivo, es recomendable realizar el tratamiento después de la segunda ducha, sin dejar pasar un día de almacenaje de agua gris sin tratar⁹⁶.
- Paso 3: La tapa de contenedor debe abrirse y debe ser suministrada la cal en exceso, inmediatamente después debe cerrarse la tapa, para encender la bomba de pecera durante diez minutos. Esto hace que el agua en movimiento reaccione con la cal, precipitando el jabón y subiendo el pH a 12 para eliminar bacterias.
- Paso 4: Se apaga la bomba de pecera, se vuelve a abrir la tapa del contenedor para agregar el alumbre y se enciende de nuevo la bomba, por diez minutos más. Lo que sirve para regular el pH del agua y evitar que se dañen equipos y tuberías.
- Paso 5: Terminando los diez minutos, apagar la bomba y dejar en reposo por otros diez minutos. Para que el agua se sedimente y queden pocos flóculos en suspensión.
- Paso 6: Pasado el tiempo de reposo, abrir la válvula que conecta con el filtro y dejar pasar el líquido a la cámara 2. El agua es filtrada para eliminar los flóculos en suspensión. El agua está lista para ser reutilizada.
- Paso 7: Se recuerda que el WC posee la conexión original de agua potable, la cual es cerrada mientras el agua tratada es suficiente. En caso de que esto no se cumpla, deberá cerrarse la válvula de la instalación que proporciona agua tratada y abrirse la del agua potable.

▼ OPCIÓN 2:

- Paso 1: El agua proveniente de la lavadora es vertida en la cámara 1 del contenedor por medio de la manguera de desagüe que posee la misma. Las lavadoras automáticas cuentan con una bomba que logra subir el agua desechada a dos metros de altura. La manguera se conectará a la cámara 1 por la parte superior. Cabe señalar que en la lavadora no se debe incluir ropa con alto contenido de heces fecales o/y orina, ya que el tratamiento no logra eliminar bacterias de este tipo.

⁹⁶ Si se sobrepasan dos duchas, se corre el riesgo de que el agua tratada se derrame y sea vertida por el rebosadero a la red de drenaje. Después de dos días de almacenaje, el agua puede descomponerse.



5.3.7. Manual de uso

- Paso 2: El contenedor posee la capacidad de tratar el agua producto del lavado de ropa de una semana, con cargas completas. Es recomendable realizar el tratamiento después del lavado, sin dejar pasar dos días de almacenaje de agua gris sin tratar⁹⁷.
- Paso 3: Al igual que en la Opción 1, la tapa de contenedor debe abrirse y debe ser suministrada la cal en exceso, inmediatamente después debe cerrarse la tapa, para encender la bomba de pecera durante diez minutos; el doble serpentín, hace que, a pesar de la profundidad de la cámara, el agua tenga el movimiento necesario para reaccionar con la cal, precipitando el jabón y subiendo el pH a 12 para eliminar bacterias.
- Paso 4: Se apaga la bomba de pecera, se vuelve a abrir la tapa del contenedor para agregar el alumbre y se enciende de nuevo la bomba, por diez minutos más. Lo que sirve para regular el pH del agua y evitar que se dañen equipos y tuberías.
- Paso 5: Terminando los diez minutos, apagar la bomba y dejar en reposo por otros diez minutos. Para que el agua se sedimente y queden pocos flóculos en suspensión.
- Paso 6: Pasado el tiempo de reposo, abrir la válvula que conecta con el filtro y dejar pasar el líquido a la cámara 2. El agua es filtrada para eliminar los flóculos en suspensión. El agua está lista para ser reutilizada.
- Paso 7: Se recuerda que el agua ya tratada no es suficiente para una segunda semana de lavado; por tal motivo, es recomendable, al igual que en la Opción 1, dejar la instalación original de agua potable y mantener cerrada hasta que el agua tratada se agote; pasando esto, se cerrará la entrada del agua tratada y deberá abrirse el agua potable.

▼ OPCIÓN 3:

- Paso 1: El agua proveniente de regaderas, lavabos y lavadora es vertida en la cámara 1 del contenedor por medio una instalación diseñada para este fin. El agua gris es conducida a la parte superior de la cámara 1. Cabe señalar que en la lavadora no se debe incluir ropa con alto contenido de heces fecales o/y orina, ya que el tratamiento no logra eliminar bacterias de este tipo.

⁹⁷ Después de dos días de almacenaje, el agua puede descomponerse.



5.3.7. Manual de uso

- Paso 2: El contenedor posee la capacidad de tratar el agua gris máxima desechada en dos días, producto de las regaderas y lavabos⁹⁸, contempla también el lavado de ropa de una semana, con cargas completas. Es recomendable realizar el tratamiento cada dos días, ya que después de este tiempo el agua puede descomponerse.
- Paso 3: Al igual que en la Opción 1 y 2, la tapa de contenedor debe abrirse y debe ser suministrada la cal en exceso, inmediatamente después debe cerrarse la tapa, para encender la bomba de fuente durante diez minutos; esta bomba, hace que, a pesar de la profundidad de la cámara, el agua tenga el movimiento necesario para reaccionar con la cal, precipitando el jabón y subiendo el pH a 12 para eliminar bacterias.
- Paso 4: Se apaga la bomba de fuente, se vuelve a abrir la tapa del contenedor para agregar el alumbre y se enciende de nuevo la bomba, por diez minutos más. Lo que sirve para regular el pH del agua y evitar que se dañen equipos y tuberías.
- Paso 5: Terminando los diez minutos, apagar la bomba y dejar en reposo por otros diez minutos. Para que el agua se sedimente y queden pocos flóculos en suspensión.
- Paso 6: Pasado el tiempo de reposo, abrir la válvula que conecta con el filtro y dejar pasar el líquido a la cámara 2. El agua es filtrada para eliminar los flóculos en suspensión. El agua está lista para ser reutilizada.
- Paso 7: En caso de que el agua tratada no sea suficiente para abastecer por dos días los muebles preestablecidos, la cámara 2 cuenta con una entrada de agua potable, la cual debe ser abierta para suministrar el agua faltante en la cámara 2.

⁹⁸ Se consideran dos baños por vivienda, por tanto, dos regaderas y dos lavabos.



5.3.8. Especificación de materiales y equipo

Contenedor:

Su fabricación deberá ser de PEAD (Polietileno de alta densidad⁹⁹), debido a sus características de resistencia, impermeabilidad y no toxicidad¹⁰⁰. La forma deberá adecuarse a la vivienda a la que se implementará, dando como medidas estándar:

- Opción 1: Contenedor de 0.162m³ (90 x 90 x 20 cm), almacenará el agua de un día, que corresponde a 133 litros (66.5 litros de agua gris y 66.5 litros de agua tratada).
- Opción 2: Contenedor de 0.9m³ (100 x 100 x 90 cm), almacenará el agua de una semana, que corresponde a 630 litros (280 litros de agua gris, 280 litros de agua tratada y 70 litros de agua potable).
- Opción 3: Contenedor de 1.44 m³ (120 x 120 x 100 cm), almacenará el agua de dos días, que corresponde a un máximo de 1080 litros (540 litros de agua gris, 540 litros de agua tratada) y a un mínimo de 532 litros (266 litros de agua gris, 266 litros de agua tratada).

La parte superior (tapa del contenedor), la separación media (división entre cámaras) y el soporte (regilla que sostiene la manguera en Opción 1 y 2), deberán poseer la opción de desmontarse, esto es para facilitar su mantenimiento.

El contenedor, en la cámara 1, deberá de poseer una entrada de drenaje del lavabo (tubería Ø5cm) a un costado, ubicándola en la parte superior y de preferencia cercana al muro; también deberá poseer una salida de agua en la parte inferior de la cámara 1 (tubería Ø13mm), a 2 cm de la parte baja de la cámara (esta deberá tener esa altura debido a la sedimentación).

En la cámara 2 es necesario tener una entrada que baja de la cámara 1 (tubería Ø13mm) y una entrada de agua potable (tubería Ø13mm). Ambas cámaras deberán contar con un rebosadero para evitar la saturación de agua en el contenedor.

El soporte deberá poseer una separación de la parte inferior de la primera cámara de 2 cm, para que la burbuja mueva la cal sedimentada, en el caso de la doble parrilla, deberá de ubicarse 10 cm arriba de la parrilla baja.

Para recircular el agua, e inyectar CO₂ o en su defecto para mezclar el alumbre, en la Opción 1, se propone la instalación de una bomba de aire Hagen Elite Máxima, de dos salidas, con regulador de flujo de aire, para peceras de 30 galones (4.5W/h), posee un funcionamiento silencioso y un filtro que evita la contaminación con polvo. En el caso de la Opción 2 podemos optar por una bomba de aire Boyu 4000, para peceras de 80 galones, de 4 salidas.

⁹⁹ Análisis ambiental. Ver Anexo 3.

¹⁰⁰ Ver Anexo 2.



5.3.8. Especificación de materiales y equipo

La manguera de inyección de aire debe ser totalmente flexible hecha de silicona, con perforaciones en la parte inferior de la misma, se fijará al soporte y se colocará en forma de serpentín.

En cuanto al filtro, el experimento utiliza papel filtro Whatman No. 4, éste retiene partículas de 20 a 25 micras, su porosidad es gruesa, la velocidad de filtrado es de ASTM: 12 segundos y Herzberg: 37 segundos¹⁰¹, su superficie suave, es utilizado para supervisar la contaminación del aire y para la limpieza de rutina de líquidos biológicos, retiene partículas gruesas y precipitados.¹⁰² Por lo anterior propongo, para la Opción 1 y 2, un filtro para arenas y sedimentos, de la marca Hydroquil, con cartucho de hilo envuelto, ya que retiene partículas de hasta 20 micras, a diferencia del de acero que retiene únicamente hasta 144. Su dimensión es de 13 cm de largo por 5 de ancho, y su caudal es de 500 litros/hora. Para la Opción 3 propongo un filtro similar, únicamente varía en el tamaño, sería de 25 cm de largo, con un caudal de 1500 litros/hora.

Se tiene que colocar un presurizador, el cual deberá cumplir con características tales como no producir ruido molesto, ser de un tamaño pequeño y abastecer a 1 mueble en el caso de la Opción 1 y a 3 en la Opción 3. Para el caso de la Opción 1 propongo la bomba presurizadora marca Grundfos, Modelo upa 15, la cual se caracteriza por su pequeño tamaño, y silencioso funcionamiento; para la Opción 3 propongo, de la misma marca, el Modelo upa 120.

La bomba que hace recircular el agua en la Opción 3, es sumergible, para fuente, la que propongo es de la marca Boyu Bomba para fuentes o estanques 3700 L/h, la cual gasta 125W/h, tiene una capacidad de elevar el agua hasta dos metros y mide 19 x 12 x 16 cm, esta bomba se colocará al revés, lo cual quiere decir que la apertura de absorción de agua se colocará en la parte superior, y la salida a ras del piso de la cámara 1.



Fig. 13. Bomba presurizadora marca Grundfos, Modelo upa 15.



Fig. 14. Bomba presurizadora marca Grundfos, Modelo upa 120.



Fig. 15. Boyu Bomba para fuentes o estanques 3700 L/H

¹⁰¹ Condiciones de velocidad de filtración. ASTM, el tiempo necesario para que 100ml de agua prefiltrada pasen a través de un papel de 15cm doblado en cuadrante; Herzberg, el tiempo necesario para que pasen a través de 10cm² de papel filtro bajo una altura piezométrica constante de 10cm de agua.

¹⁰² *Círculos simples y hojas de calidad cualitativa de Whatman*. Consulta: Abril de 2010
<http://www.fishersci.com.mx/catalogo/Mate/Filtros/cuali1.htm>

5.3.9. Mantenimiento

Debe comprobarse la ausencia de fisuras en el contenedor y todas sus piezas, así como observar fugas de agua.

El contenedor debe abrirse cada mes para retirar la acumulación de sedimentos, los cuales pueden ser utilizados en el jardín como nutriente y control de plagas; se deberá vaciar y limpiar con agua y jabón, para esta acción es recomendable utilizar guantes plásticos, no debe tallarse el contenedor con fibras, ya pudiera rallar la superficie lisa y propiciar la acumulación de flóculos. Esto debe realizarse para ambas cámaras.

Debe controlarse visualmente el interior del filtro, siempre asegurando, antes de abrirlo, que se haya evacuado la presión interna de la línea y que no se produzca un flujo en sentido contrario. El filtro de hilo debe ser cambiado cada tres meses, esto es para asegurar el correcto funcionamiento del mismo. Todas las roscas de los tornillos de estos filtros deben mantenerse protegidas por una fina película de grasa que impida la oxidación y asegure el funcionamiento cada vez que sea necesario.

El equipo presurizador que propuse, según el fabricante, no requiere de mantenimiento alguno; sin embargo, es recomendable checar periódicamente la presión provista y la corriente de absorción. Una reducción de la presión puede indicar que la bomba está fallando.

La frecuencia de mantenimiento en las bombas de aire no es la misma para todas las bombas, esto depende de la marca y la frecuencia de uso; se puede realizar un chequeo anual para revisar si todas las partes están funcionando, poner principal atención de las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias; así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce, y si contiene algún tipo de filtro, debido a que su uso no es continuo, debe ser revisado antes de ser cambiado.

En cuanto a la bomba de fuente que se utiliza en la Opción 3, es necesario realizar un chequeo cada seis meses, ya que está en contacto con la precipitación de la cal, así que corre el riesgo de formar sarro, por lo que deben revisarse los conductos por donde pasa el agua calcificada. Al igual que las bombas anteriores, se debe poner atención a las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias, así como el estado en que se encuentran todas las partes expuestas a roce. Antes de hacer la inspección y el chequeo, deben limpiarse las partes cuidadosamente. Los residuos gomosos y espesos pueden quitarse a vapor. El lodo, el coque o depósitos de sustancias extrañas similares a las anteriores pueden quitarse por medio de un chorro de arena, trabajo que se hace cuidadosamente para que no forme huecos ni dañe las superficies labradas de la máquina.



5.4. Ahorro de agua potable generado en la vivienda media de la Ciudad de México

El agua que se puede ahorrar depende directamente de las costumbres que posea cada familia, pero en general podemos plantear la media de consumo de agua que se obtuvo en la Tabla 5 del Capítulo 2 de este trabajo.

Tabla 8. Uso real del agua por persona al día (Tabla 5/Capítulo 2)

	Personas que permanecen en casa	Personas que trabajan	Personas que estudian
Ducha:	100 litros	100 litros	100 litros
Lavado de loza	27 litros	13.5 litros	27 litros
Lavar y cocinar alimentos:	15 litros	7.5 litros	15 litros
Otros usos:	20 litros	10 litros	10 litros
Lavado de ropa:	30 litros	30 litros	30 litros
WC:	50 litros	38 litros	44 litros
Jardín:	8 litros	8 litros	8 litros
TOTAL:	250 litros	207 litros	234 litros

También debemos tomar en cuenta el tipo de personas que va a habitar la vivienda tipo¹⁰³, la cual está constituida por 1.1 personas que permanecen todo el día en casa, 1.8 personas que trabajan y 1.1 personas que estudian; por lo tanto, podemos decir que una familia promedio se forma de cuatro miembros, de los cuales 1 estudia, dos trabajan y uno permanece en casa todo el día, se considera que el total de agua utilizado por vivienda es de 898 litros al día.

Tabla 9. Uso de agua por vivienda al día

Personas que permanecen en casa (1 persona)	→	250 litros
Personas que trabajan (2 personas)	→	414 litros
Personas que estudian (1 persona)	→	234 litros
Total (4 personas)	→	898 litros

¹⁰³ Para mayor información ver punto 5.2 de este capítulo.



5.4. Ahorro de agua potable generado en la vivienda media de la Ciudad de México

Si se colocara en la vivienda únicamente la Opción 1, el consumo de la regadera con grado ecológico se reduciría a 38 litros por persona al día, por lo tanto se genera un ahorro de 124 litros por vivienda; el uso de WC con grado ecológico reduce también el consumo de agua potable, lo cual quiere decir que para una persona que se encuentra todo el día en casa, el ahorro es de 10 litros. Si se aprovecha el agua gris tratada, obtenemos un ahorro de 66.5 litros al día para uso de WC.

Una familia que consume 898 litros de agua potable al día reduce su consumo a 689.9 litros, ahorrando 208.1 litros por día, lo que es igual a 1456.7 litros a la semana, 6243 litros al mes y 75956.5 litros al año.

Tabla 10. Ahorro de agua potable con Opción 1 (un baño)

Ahorro en ducha	→	124 litros
Ahorro en WC (per. casa)	→	10 litros
Ahorro WC (per. trabaja)	→	7.6 litros
Agua tratada	→	66.5 litros
Total de ahorro	→	208.1 litros

Si se colocan dos sistemas de tratamiento de la Opción 1 en la vivienda, se genera un ahorro de 248 litros en la regadera, 34 litros en WC y se aprovechan 133 litros de agua tratada, por lo tanto el consumo se reduce a 483 litros al día, ahorrando 415 litros al día, lo que es igual a 2905 litros por semana, 12450 litros al mes y 151475 litros al año.

Tabla 11. Ahorro de agua potable con Opción 1 (dos baños)

Ahorro en ducha	→	248 litros
Ahorro en WC (1 per. casa)	→	10 litros
Ahorro WC (2 per. trabaja)	→	15.2 litros
Ahorro WC (1 per. estudia)	→	8.8 litros
Agua tratada	→	133 litros
Total de ahorro	→	415 litros

Si se utiliza únicamente la Opción 2 en la vivienda, se utiliza para el lavado de ropa 120 litros al día lo que representa 840 litros a la semana; pero si la ropa de los cuatro miembros de la familia se lava junta, en lavadora automática, conseguiríamos un ahorro considerable de 490 litros por semana. Además se aprovechan las aguas grises, las cuales generan un ahorro de 271 litros de agua por semana.



5.4. Ahorro de agua potable generado en la vivienda media de la Ciudad de México

Por lo tanto en una familia que consume 6286 litros de agua potable a la semana reduce su consumo a 5525 litros, ahorrando 761 litros semanales, lo que es igual a 108.71 litros diarios, 3261.4 litros al mes y 39680.7 litros al año.

Tabla 12. Ahorro de agua potable con Opción 2

Ahorro por costumbre	→	490 litros
Agua tratada	→	271 litros
Total de ahorro	→	761 litros

Si este modelo se combina con un sistema de tratamiento de la Opción 1, en una familia que consume 898 litros de agua potable al día reduce su consumo a 581.19 litros, ahorrando 316.81 al día, lo que es igual a 2217.67 litros a la semana, 9504.3 litros al mes y 115635.65 litros al año.

Y si la Opción 2 se combina con dos sistemas de tratamiento de la Opción 1, el resultado sería el mismo que para la Opción 3, el consumo de agua potable se reduce a 306.3 litros al día, ahorrando 523.7 litros, lo que es igual a 3665.9 litros por semana, 15711.3 litros al mes y 191154.15 litros al año.

Tabla 13. Resumen de ahorros por opción de modelo en vivienda.

Modelo	Consumo diario	Ahorro %	Ahorro por día	Ahorro por mes	Ahorro por año
Sin modelo	898 litros	0	--	--	--
1- Opción 1	689.9 litros	23.17	208.1 litros	6243 litros	75956.5 litros
2- Opción 1	483 litros	46.21	415 litros	12450 litros	151475 litros
1- Opción 2	789.3 litros	12.1	108.7 litros	3261.4 litros	39680.7 litros
1- Opción 1 1- Opción 2	581.2 litros	35.27	316.8 litros	9504.3 litros	115635.65 litros
1- Opción 3	306.3 litros	65.89	591.7 litros	17751 litros	215970.5 litros



Conclusiones

A pesar de ser un “Planeta Azul”, nombre dado por la gran cantidad de agua que posee, hoy sufre de escasez de este líquido. Esto no significa que el planeta se va a secar o no tendremos ni gota de agua, a menos que suceda un acontecimiento catastrófico que genere dicha pérdida, esto no sucederá de forma drástica.

Con el cambio climático se han suscitado varios acontecimientos con respecto al agua. Con el aumento de la temperatura, existe una mayor evaporación; ésta se ve reflejada en la reducción del nivel de agua de lagos y ríos, aguas que son utilizadas para la generación de energía eléctrica sufrirían una reducción en productividad. Al aumentar la magnitud y frecuencia de las lluvias, aumenta también la incidencia e intensidad de inundaciones, así como la sedimentación de cuerpos de agua producto de la alta escorrentía y la baja humedad del terreno, con este último el nivel freático bajará; los hielos en los polos se derretirán y aumentará la cantidad de agua de mar, lo que puede generar que acuíferos costeros se contaminen de agua salada, haciéndolos no aptos para el consumo humano.¹⁰⁴

Sumado al cambio climático, se encuentra el grado de contaminación al que nos enfrentamos, la falta de consciencia genera que sigamos contaminando el agua que podemos utilizar.

“Aun contamos con agua suficiente para realizar nuestras actividades”. Esto lo piensan muchas personas que se encuentran ubicados en una parte del mundo que los beneficia debido a su clima, disponibilidad del agua e incluso a su cultura. Pero existen partes del mundo donde el agua ya no es suficiente, se buscan alternativas, se modifica la cultura, se hace uso de la tecnología en países que pueden solventarla. Algunos comienzan a registrar muertes por falta del líquido o enfermedades a causa de la contaminación del mismo; lamentablemente, los países que aun cuentan con la “suficiente agua”, no se preocupan por este problema, que en algún momento llegará a ellos.

El planeta no se secará, pero no tendrá agua de calidad aceptable para que podamos utilizarla, será más complicado obtenerla, se empezarán a generar “Guerras por el Agua”, aunque más que pelear por un líquido, será pelear por la “Supervivencia”.

El agua en México ya es un tema de preocupación, si bien somos uno de los países privilegiados por la disponibilidad del agua, también poseemos una serie de problemas que generan escasez en diversas partes de la República. La Ciudad de México, la cual creció aceleradamente con mala planeación, se ve afectada en el ciclo natural del agua y en general todo el ecosistema existente.

¹⁰⁴ Lillian Bird y José Molinelli, EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SUS CONSECUENCIAS, Alianza Geográfica, 2001. Consulta: Abril de 2010, <http://www.alianzageografica.org/leccioncalentglobal.pdf>



Conclusiones

El hombre modifica su entorno adaptándolo a sus necesidades, hoy en día se trabaja en contra de esto en todo el mundo; pero la planeación de la ciudad se generó en una época en la que la urbanización era sinónimo de avance, era la forma en la que se visualizaba como una ciudad industrial del futuro. Por lo tanto, la población aumentó, primero se construyeron viviendas cerca de las zonas industriales, después se pensó en infraestructura y servicios. Al observar la ciudad, la vemos en un gran mar de asfalto y concreto que cubre la mayor parte y no permite la infiltración del agua a los mantos acuíferos, lo que genera el hundimiento de la Ciudad de México. La mala distribución de la red hidráulica; donde la llegada del agua se genera al surponiente de la Ciudad, en el cual se almacena la mayor cantidad del agua y que abastece a esa zona primordialmente; genera problemas de desabasto de agua en el oriente y norte de la Ciudad.

A pesar de las campañas que buscan fomentar la cultura del cuidado del agua, aun se sigue haciendo uso irracional de este líquido; el que más tiene, más gasta. En la Ciudad se tienen registros de consumo de agua que van de los 100 a los 800 litros por habitante al día, con esto nos damos cuenta que si se carece del líquido, se tiende a cuidarlo; por el contrario, si se cuenta con el correcto suministro de agua, se suele desperdiciar.

Lamentablemente el agua en nuestro país aún se considera de un solo uso, llega a nuestras casas por medio de la red pública, la utilizamos y la desechamos a la red de drenaje público. Por nuestras cabezas no pasa la idea de saber de dónde viene, o a dónde irá, el problema se presenta cuando ya no llega, es cuando culpamos y exigimos, pero no actuamos.

Afortunadamente en nuestro país empiezan a prenderse chispas de una nueva cultura, que respeta y genera soluciones, el objetivo es impulsar individualmente esta cultura y generar un uso racional del agua.

La mayoría de los tratamientos que se desarrollan a nivel mundial son para tratar aguas residuales, este tipo de aguas son una combinación de aguas urbanas, industriales, pluviales, etc.; las cuales al momento de tratarse con procesos simples, son aguas que permiten su reutilización para el riego de áreas verdes, restringiendo el uso en cultivo.

Cuando hablamos de aguas grises, mucha gente no presta atención de que son un tipo de aguas con menor grado de contaminación y que con un pequeño tratamiento pueden llegar a reutilizarse en actividades dentro de la vivienda. Al reutilizar aguas grises podemos obtener dos grandes beneficios: uno es el ahorro de agua potable, debido a que existen actividades que realizamos con agua potable que no necesitan de esta calidad de agua y que podemos sustituirla con aguas grises; y dos, al reutilizarlas, si parte del agua que se utiliza y se desecha, se recolecta, se trata y se reutiliza, se reduce la cantidad de agua contaminada desechada.



Conclusiones

El reciclamiento de aguas grises no es un proceso aislado, es parte importante de un conjunto de piezas, que al ser combinadas forman una estrategia para mejorar la calidad del agua y por lo tanto la calidad de vida de las personas que habitan nuestro planeta. Cualquier tratamiento parte de un pretratamiento que retire los objetos de mayor tamaño; se incorpora un segundo tratamiento a éste, ya sea primario o secundario, el cual va a retirar las impurezas de menor tamaño. Si se requiere una calidad de agua mayor, se opta por un tratamiento terciario, el cual eliminará bacterias y gérmenes en el agua.

El aprovechamiento de las aguas grises se clasifica en dos: tratamiento y reuso. El tratamiento genera una transformación en la calidad del agua, mientras que el reuso únicamente usa el agua jabonosa en otra actividad.

Ambas son buenas opciones para el uso racional de las aguas grises, sin embargo, debemos considerar varios aspectos:

- ▶ El tratamiento necesita de mayor espacio, el reuso requiere generar un cambio en el funcionamiento del espacio.
- ▶ El tratamiento necesita de dobles instalaciones, mientras que el reuso puede generarse en un solo mueble.
- ▶ Ambas requieren un espacio para almacenar.
- ▶ El reuso puede generar problemas de sarro en el mueble o en tuberías, lo que puede reducir el ciclo de vida del mismo.
- ▶ Los sistemas de tratamiento comerciales son costosos, comparados con los que pueden construirse en obra y pueden realizar manualmente los procesos.

El agua gris, en los ejemplos que mostré, se reusa de lavabo a WC y de lavadora a WC. En el primer ejemplo, el agua proveniente del lavabo es poca comparada con el agua que gasta el WC, por tal motivo se requiere de agua potable; el ahorro es de tres a cuatro litros por persona al día, por lo tanto no genera ahorro considerable; el WC Suite, no se adapta funcionalmente, mientras que el Tlalock necesita de un espacio mayor para funcionar correctamente.

En el segundo ejemplo (de lavadora a WC), si se lava la ropa de una semana de una familia de 4 integrantes en cinco ciclos (Lavadora de 10kg, con un gasto de 77 litros/ciclo), el agua gris que se obtiene semanalmente para reusar en WC es de aproximadamente 300 litros, alcanzaría para 50 descargas; aunque existe un inconveniente, el agua gris sin tratamiento puede durar almacenada hasta dos días, de lo contrario se descompone. Entonces el lavado debe generarse



Conclusiones

cada dos días, utilizar el agua en el WC y el excedente retirarlo; el WC debe recibir mantenimiento constante para evitar que el sarro se forme. Considero este tipo de reuso no es viable, necesita modificar significativamente las costumbres de lavado, así como mantener una disciplina en limpieza y mantenimiento del mobiliario ocupado; además que funcionalmente el mueble no se adapta al usuario.

En cuanto a los tratamientos; el humedal artificial, la laguna y los lechos de macrófitas, son procesos que funcionan a gran escala, aunque pueden adaptarse, la mayoría de los tratamientos con procesos biológicos necesitan un espacio mayor, el mantenimiento es mínimo, aportan una buena vista, pero si deseo plantear este tipo de tratamiento necesitaría disponer de espacio, luz natural y ventilación.

Los tratamientos que poseen un proceso químico necesitan de mayor mantenimiento; aunque el espacio que requieren y el tiempo del proceso es menor, el costo de un equipo se eleva y el mantenimiento debe realizarse por personal especializado; esto no quiere decir que todos los tratamientos con procesos químicos tengan estas dos características. Por ejemplo: el tratamiento de aguas grises que propone la Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI) propone únicamente el proceso y genera un ejemplo de ubicación, pero no profundiza en los requerimientos del edificio al cual se le implementa el sistema.

El tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y precipitación, al igual que el anterior, plantea el proceso que se debe realizar para la obtención de agua gris tratada; pero no se encuentra procesado para la aplicación directa en un elemento arquitectónico. Se encontró una mejora de este tratamiento, por lo tanto es el que se desarrolló para generar un modelo adaptable a vivienda. Cabe señalar que es poco costoso, relativamente rápido y no se necesita de una capacitación especializada para entenderlo, por tal motivo es de fácil manejo.

El tratamiento que se eligió, garantiza la calidad de agua para ser utilizada en actividades relacionadas con aseo de vivienda, riego, WC y lavado de ropa.

Para obtener la cantidad de agua potable promedio que se ahorra, se debe conocer el agua promedio que se gasta. Debido a esto, generé entrevistas que me proporcionaron el uso de cada mueble por tiempo, todo basado en una investigación bibliográfica plasmada en un programa¹⁰⁵ que realicé para la simplificación información y obtención de datos cuantificables.

¹⁰⁵ El programa o nombré Aqua, el cual, después de varias modificaciones, es capaz de decirme cuánta agua gris puedo reutilizar por vivienda.



Conclusiones

Se propone un Modelo, adaptado a vivienda de nivel medio, unifamiliar, de uno a dos pisos. De éste se desprenden tres opciones; la primera trata el agua de la regadera y el lavabo, es utilizada para WC y aseo de vivienda; la segunda ocupa el agua de la lavadora, usándola en la misma; estas dos opciones se proponen para vivienda construida, mientras que la tercera opción es para vivienda nueva, el agua se obtiene de regaderas, lavabos y lavadora, reutilizando el agua en WC, lavado de ropa y aseo de vivienda. Las Opciones 1 y 2 podrían utilizarse en departamento de nivel medio.

Al usar las Opciones 1 y 2 en vivienda construida o la Opción 3 en vivienda nueva, el consumo de agua potable se reduce 65%; o lo que es igual, se tenía un consumo de 898 litros por vivienda, 224.5 litros promedio por habitante, y se redujo a 306.3 litros por vivienda o 76.57 litros promedio por habitante. Al reutilizar las aguas grises en lugar de desecharlas, también reducen la cantidad de agua residual desechada.

Al utilizar cualquiera de las tres opciones se obtiene una disminución en el consumo de agua potable, esto se hace más evidente si se acomoda el Modelo para que capte toda el agua gris de la vivienda.

Además del uso del Modelo, es conveniente un cambio de mentalidad para lograr el uso eficiente del agua. Existen tecnologías ahorradoras que al incorporarse a ciertos muebles, disminuyen el consumo de agua potable sin sacrificar la comodidad del usuario, tal es el caso de los elementos con grado ecológico.

En el estudio me percaté que el ahorro que se obtiene con el uso de agua gris tratada, proveniente de la lavadora y utilizada en la misma, es considerable. Las lavadoras modernas son considerados los artefactos del hogar que más desperdician agua, si se consigue reutilizar el agua proveniente de estos artefactos y reutilizarla en el mismo, podríamos generar un cambio en su catalogación, así como un adelanto en este tipo de tecnologías. Por lo tanto este puede ser punto de partida para una investigación futura.

Gracias a la investigación anterior, puedo asegurar que es posible tratar el agua gris de una vivienda de nivel medio, unifamiliar, de uno a dos niveles; y reducir a más del 50% el consumo de agua potable. Se cumplen los dos objetivos primordiales: disminuir la escasez de agua potable y reducir la contaminación que pudiera generar la vivienda.



1,500 millones de personas NO tienen acceso al agua potable
¿Qué hacemos vertiéndola al WC?



Fig. 16. Niños africanos reciclando cualquier líquido para subsistir.

1. Glosario

Adición. Reacción en la que dos o más moléculas se combinan para formar una sola.

Ácido. Compuesto que en disolución acuosa aumenta la concentración de iones de hidrógeno y que es capaz de formar sales por reacción con algunos metales y con las bases. Cuanto más ácida es una sustancia, más cercano su pH estará a 0.

Adsorción. Proceso de atracción de las moléculas o iones de una sustancia en la superficie de otra, siendo el tipo más frecuente el de la adhesión de líquidos y gases en la superficie de los sólidos.

Agentes quelatos. Compuesto químico capaz de fijar o secuestrar iones metálicos formando compuestos estables llamados quelatos, para de este modo evitar la toxicidad de éstos.

Agua blanda. Agua sin dureza significativa.

Agua dulce. Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

Agua dura. Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.

Aguas grises. Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

Aguas negras. Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

Agua potable. Es agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

Aguas residuales. Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

Agua salada. Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).



Glosario

Agua sucia. Es el agua que desechamos diariamente de nuestros hogares, agua que se vierte a la red de alcantarillado público. Aguas residuales domésticas.

Agua subterránea. Agua que puede ser encontrada en la zona saturada del suelo, zona que consiste principalmente en agua. Se mueve lentamente desde lugares con alta elevación y presión hacia lugares de baja elevación y presión, como los ríos y lagos.

Agua superficial. Toda agua natural abierta a la atmósfera, concerniente a ríos, lagos, reservorios, charcas, corrientes, océanos, mares, estuarios y humedales.

Alcalino. También llamado base. Sustancia que en disolución aumenta la concentración de iones hidroxilo y se combina con los ácidos para formar sales. Cuanto más alcalina es una sustancia, más cercano su pH estará a 14.

Aminoácido. Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo. 20 de tales sustancias son los componentes fundamentales de las proteínas.

Anión. Ión con carga negativa.

Anóxico. En ausencia de oxígeno.

Arquetipo. Modelo original y primario en un arte u otra cosa.

Bacteria. Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas.

Base. También llamado alcalino. Sustancia que en disolución aumenta la concentración de iones hidroxilo y se combina con los ácidos para formar sales. Cuanto más alcalina es una sustancia, más cercano su pH estará a 14.

Biogás. Gas, mezcla de metano y dióxido de carbono, producido por la fermentación bacteriana de los residuos orgánicos, que se utiliza como combustible.

Biocida. Sustancias química sintética o de origen natural o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre.



Glosario

Biosólido. Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido en materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización pueden ser susceptibles de aprovechamiento.

Carga eléctrica. Es una de las propiedades básicas de la materia. La carga eléctrica de un cuerpo u objeto es la suma de las cargas de cada uno de sus constituyentes mínimos (moléculas, átomos y partículas elementales). Existen dos tipos de carga eléctrica, que se han denominado cargas positivas y negativas. Las cargas eléctricas de la misma clase o signo se repelen mutuamente y las de signo distinto se atraen.

Catión. Ión con carga positiva.

Caudal. Cantidad de un líquido o un gas que fluye en un determinado lugar por unidad de tiempo.

Citoplasma. Región celular situada entre la membrana plasmática y el núcleo, con los órganos celulares que contiene.

Coagulante. Sales metálicas que reaccionan con la alcalinidad del agua, para producir un flóculo de hidróxido del metal, insoluble en agua, que incorpore a las partículas coloidales: alumbre, sulfato férrico, cloruro férrico, sulfato ferroso, carbonato de magnesio, aluminato sódico. Favoreciendo su separación por medio de sedimentación.

Cohesión. Fuerza de atracción que mantiene las moléculas unidas.

Colector. Conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas.

Coloide. Estado de la materia en el que un sólido o un líquido está disperso en otro.

Condensador. Aparato para reducir los gases a menor volumen.

Confluir. Juntarse en un mismo punto a lugar varias líneas, cosas o personas.

Crisis del agua. Se le llama así al problema de contaminación y escasez de agua que se ha vivido en el mundo, problema que día a día va aumentando y complicando el desarrollo de algunas actividades de personas que no tienen acceso continuo a este líquido.



Glosario

Digestión mesofílica. Proceso en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno con rango mesofílico (30-40 °C), las bacterias que se desarrollan en este rango de temperatura se reproducen fácilmente y pueden permanecer activas si no ocurren cambios súbitos de temperatura. La temperatura óptima es de 35 °C y la mayoría de los desechos orgánicos se pueden digerir a esta temperatura produciendo biogás.

Digestión termofílica. Proceso en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno con rango termofílico (55-60 °C), este rango de temperatura, en el que produce mayor cantidad de biogás que en el anterior y en tiempos más cortos, en general sólo es usado en las grandes instalaciones a nivel industrial, ya que se requiere de un control muy preciso. Las bacterias termofílicas son muy sensibles a los cambios de temperatura y en pequeños sistemas resulta antieconómico mantener esta temperatura controlada, especialmente en climas fríos.

Dureza. Concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales alcalinas.

Efluente. La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.

Electroestática. Rama de la física que estudia los fenómenos producidos por distribuciones de cargas eléctricas.

Evapotranspiración. Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Fenol. Alcohol derivado del benceno, obtenido por destilación de los aceites de alquitrán. Se usa como antiséptico en medicina.

Flóculo. Grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.

Germicida. Que destruye gérmenes, especialmente los dañinos.

Granulometría. Parte de la petrografía que trata de la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos.

Herbicida. Compuesto químico usado para destruir las malas hierbas en terrenos cultivados.



Glosario

Híbrido. Se dice de todo lo que es producto de elementos de distinta naturaleza.

Insuflación. Introducción en un órgano o en una cavidad un gas, un líquido o una sustancia pulverizada.

Ión. Átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica.

Lejía. Solución de hidróxido sódico o potásico de gran poder desinfectante y blanqueador.

Macrófitas. Las plantas acuáticas o macrófitas son plantas adaptadas a medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos, deltas o lagunas marinas. Su adaptación al medio acuático es variable. Se pueden encontrar diferentes grupos de plantas: unas totalmente sumergidas, otras, las más numerosas, parcialmente sumergidas o con hojas flotantes.

Membrana. Placa o lámina de pequeño espesor, generalmente flexible.

Micra. Medida de longitud que equivale a la millonésima parte del metro. (μm).

Microorganismo. Organismo unicelular de tamaño microscópico.

Modelo. Esquema teórico de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Neutralizar. Hacer neutra una disolución (pH 7).

Oxidación. Transformación de un cuerpo por la acción del oxígeno o de un oxidante.

Pesticida. Producto químico que se destina a combatir animales o plantas perjudiciales.

pH. Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Entre 0 y 7 la disolución es ácida, y de 7 a 14, básica.

Piezometría. Parte de la física que estudia la compresibilidad de los líquidos.

Presa de jales. Superficie de tierra sobre la cual se tiende una tela plastificada de algunos milímetros de ancho, sobre la cual se depositan los desechos tóxicos sobrantes.



Glosario

Presurizador. Pequeña bomba que se acciona en el momento en que se abre una llave de agua, aumentando instantáneamente la presión de agua. Al cerrar el grifo o regadera el equipo se apaga.

Reactor. Instalación preparada para que en su interior se produzcan reacciones químicas o biológicas.

Reducción química. Proceso electroquímico por el cual un átomo o ion gana electrones. Implica la disminución de su estado de oxidación. Este proceso es contrario al de oxidación.

Saneamiento. Acondicionamiento de un lugar o una cosa a una situación de higiene.

Silicona. Polímero químicamente inerte, utilizado como adhesivo en la fabricación de prótesis y en otras aplicaciones.

Sistema. Conjunto de procesos o elementos interrelacionados con un medio para formar una totalidad encauzada hacia un objetivo común.

Suavizador de agua. También llamado descalcificador o ablandador de agua, es un aparato que por medios mecánicos, químicos y/o electrónicos trata el agua para evitar, minimizar o reducir, los contenidos de sales minerales y sus incrustaciones en las tuberías y depósitos de agua potable.

Sustrato. Estrato que subyace a otro y sobre el cual puede influir.

Tanque sedimentador. Son grandes tanques circulares o rectangulares, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogido hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento.

Tensoactivo. Son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases.



Glosario

Tensoactivo iónico. Una molécula de jabón tiene un extremo polar o iónico, mientras que el resto de la molécula es no polar. El grupo polar tiende a hacer el jabón soluble en agua (hidrófilo) mientras que la porción no polar (hidrocarburo) tiende a hacerlo soluble en grasas (hidrófobo o lipófilo).

UV. Se denomina radiación ultravioleta o radiación UV a la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm y los 15 nm. Esta radiación puede ser producida por los rayos solares y produce varios efectos en la salud. Esterilización ultravioleta es el proceso de destrucción de toda vida microbiana por medio de una luz ultravioleta. El término ultravioleta o luz "UV", es uno de los medios probados para tratar aguas, aire o superficies contaminadas biológicamente. Esta simple y segura tecnología es conveniente para pequeños flujos residenciales, así como también grandes flujos en proyectos comerciales e industriales.

Virus. Organismo de estructura muy sencilla, compuesto de proteínas y ácidos nucleicos, capaz de reproducirse solo en el seno de células vivas específicas, utilizando su metabolismo.



Fuente de Imágenes

Introducción

Fig. 1. “Dalí atómico”. Philippe Halsman, 1948. En ese tiempo el agua sustituyó la leche debido a que estaban en tiempos de guerra, hoy el derroche de agua es ofensivo para este tiempo de escasez.

Fig. 2. Niños africanos bebiendo agua de un charco. Imagen obtenida con fines didácticos de Google.

Fig. 3. Miles de litros de aguas contaminadas son vertidas a los ríos Cazones y Tecolutla. No hay plantas tratadoras de aguas en la zona norte del estado de Veracruz a pesar de los anuncios hechos por gobiernos municipales y del estado. Foto: Jorge Huerta E. Mayo de 2011, <http://www.informatepr.com/06junio.html>

Capítulo 1. Antecedentes. Agua. “El Futuro Oro Azul”

Fig. 1. Planeta Tierra con agua y sin agua. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas de The Celestia Motherlode, Consulta: Noviembre de 2009, www.celestiamotherlode.net/catalog/images/screenshots/various/

Fig. 2. Comparativa gráfica de los porcentajes de agua que existen en el planeta. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Fig. 3. Agua contaminada en Panamá. Panamá América. Nota: IDAAN soluciona problemas con el agua, Fecha: 24 de noviembre de 2009. Consulta: Noviembre de 2009. www.padigital.com.pa/periodico/edicion-actual/hoy-interna.php?story_id=847914

Fig. 4. Disponibilidad de agua total por país (2003). Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Consulta: Noviembre de 2009 www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/MA8_2DISPMUN.jpg

Fig. 5. Ciclo Hidrológico. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA). Breve historia del agua. Consulta: Noviembre de 2009. www.imta.gob.mx/internacional/index.php?option=com_content&view=article&id=90&Itemid=98

Fig. 6. Sequía en un mundo de agua. Imagen obtenida con fines didácticos de Google.

Fig. 7. Problema del agua en África. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas con fines didácticos de Imágenes Google.



Fuente de Imágenes

Capítulo 2. Agua en México

Fig. 1. Desagüe de vivienda a canales en Xochimilco. Diversidad Ambiental. Consulta: Noviembre de 2009. www.diversidadambiental.org

Fig. 2. Uso de agua potable en WC. Imagen obtenida con fines didácticos de Google.

Fig. 3. Gráfica de disponibilidad de agua a través del tiempo en México. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Fig. 4. Disponibilidad de agua en México. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Fig. 5. Ejemplo de la transformación irracional de la Ciudad de México. Proceso de Canal de la Viga a Calzada de la Viga. Recopilación de imágenes.

Primera imagen: Canal de la Viga. Esta fotografía fue tomada a principios de siglo por el artista alemán Hugo Brehme (1882-1954), y publicada en su libro México Pintoresco (1923). Ing. Manuen Aguirre Botello, México Máxico, A Iztacalco en Barco por el Canal de la Viga, Marzo, 2000, <http://www.mexicomaxico.org/Viga/LaViga.htm>

Segunda imagen: Calzada y canal de la Viga en 1930. flickr, Galería de Maurortega, diciembre de 2008, <http://mx.images.search.yahoo.com>

Tercera imagen: Calzada de la Viga en 1957. flickr, Galería de Clubdepatoscn, diciembre de 2008, <http://www.flickr.com/photos/clubdepatos/1086097844/>

Cuarta imagen: Calzada de la Viga en 2008. flickr, Galería de Katzide, julio de 2008, <http://www.flickr.com/photos/22115470@N08/2630038339/>

Capítulo 3. Aguas Grises

Fig. 1. Agua gris. Imagen obtenida con fines didácticos de Google.

Fig. 2. Obtención de aguas grises. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas con fines didácticos de Imágenes Google.

Fig. 3. Actividades que no requieren de agua potable. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas con fines didácticos de Imágenes Google.



Fuente de Imágenes

Capítulo 4. Análisis de Tratamientos y Reuso de Aguas Grises Existentes

Fig. 1. Lagunas de macrófitas. Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales. Using plant systems to treat wastewater, Editorial Gustavo Gili, SA., España, 2003.

Fig. 2. Lecho de macrófitas horizontal. Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales. Using plant systems to treat wastewater, Editorial Gustavo Gili, SA., España, 2003.

Fig. 3. Lecho de macrófitas vertical. Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales. Using plant systems to treat wastewater, Editorial Gustavo Gili, SA., España, 2003.

Fig. 4. Tratamiento de Aguas Grises. Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos Habitacionales. CONAFOVI, 2005.

Fig. 5. Humedal artificial. Ernesto Cisneros V. Agenda 21 Escolar del C.P. Cisneros.

Fig. 6. Sistema Aquacycle de Pontos. SOLICLIMA Energía Solar, Reciclaje y Tratamiento de Aguas, última consulta: mayo de 2008, http://www.soliclima.com/reciclaje_aguas.html

Fig. 7. Inodoro de tanque seco. Armando Deffis Caso, La Casa Ecológica Autosuficiente. Para Climas Templado y Frío, primera edición, Árbol Editorial S.A. de C.V., México 1994.

Fig. 8. Tlalock. Diseñador: Ariel Rojo. Karina González, "Dos en uno", Revista Entre muros, diseño y Arquitectura, Grupo Reforma, número 151, Abril de 2009, México.

Fig. 9. WC suite. CAROMA. Australia. Is Arquitectura. Consulta: Noviembre de 2009. <http://blog.is-arquitectura.es/2008/11/25/inodoro-lavabo-todo-en-uno/>

Fig. 10. Washup. Lavadora-inodoro. Sevin Coskun. Jóvenes por la ecología de Asturias. Consulta: Noviembre de 2009. <http://www.jpe-asturias.org/?p=2375>

Capítulo 5. Modelo de Aprovechamiento de Aguas Grises Para Vivienda

Fig. 1. Sistema de aprovechamiento racional del agua. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Fig. 2. Izquierda: Captación de agua pluvial. Derecha: tratamiento de aguas residuales. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas con fines didácticos de Imágenes Google.



Fuente de Imágenes

Fig. 3. WC duo, descarga de 3 y 6 litros. / Regadera Bahía Cromo, 4-10 litros por minuto. / Mingitorio seco. Cuida tu mundo. Consulta: Enero de 2010. <http://www.cuidatumundo.com/regaderas.htm>. Comercializadora Adelman. Consulta: Enero de 2010. <http://adelman.com.mx/page9.php>

Fig. 4. Distribución de agua gris en vivienda. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 5. Esquema de Modelo de Tratamiento. Imagen realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 6. Tratamiento de aguas grises por rectificación de espuma y rectificación. TESIS: "Tratamiento de Aguas Grises por Rectificación de Espuma Y Precipitación". Autor: Q. Carlos Alberto Sagredo Suazo. Tutor: Dr. Jesús Gracia Fadrique, 2007.

Fig. 7. Procesos en experimento para tratamiento de aguas grises. Imagen resumen de proceso realizado por Mariana García en su tesis de licenciatura titulada: "Tratamiento de aguas grises con alternativas factibles y económicas", Facultad de Química de la UNAM, bajo la dirección del Dr. Jesús Gracia Fadrique. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 8. Opción 1. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 9. Contenedor de Opción 1. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 10. Opción 2. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 11. Opción 3. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 12. Contenedor de Opción 3. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Fig. 13. Bomba presurizadora marca Grundfos, Modelo upa 15. Mercado Libre. Consulta Abril de 2010, <http://www.mercadolibre.com.mx/>

Fig. 14. Bomba presurizadora marca Grundfos, Modelo upa 120. Mercado Libre. Consulta Abril de 2010, <http://www.mercadolibre.com.mx/>

Fig. 15. Boyu Bomba para fuentes o estanques 3700 L/H. Mercado Libre. Consulta Abril de 2010, <http://www.mercadolibre.com.mx/>

Conclusiones

Fig. 16. Niños africanos reciclando cualquier líquido para subsistir. Recopilación de imágenes para este trabajo, obtenidas con fines didácticos de Imágenes Google.



Fuente de Tablas

Capítulo 1. Antecedentes. Agua. "El Futuro Oro Azul"

Tabla 1. Tiempo de renovación del agua por categorías. Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra, Prospectiva de la demanda de agua en México, 2000-2030. México, 2004.

Capítulo 2. Agua en México

Tabla 1. Usos del Agua. Deffis Caso, Armando, La Casa Ecológica Autosuficiente. Para Climas Templado y Frío, primera edición, Árbol Editorial S.A. de C.V., México 1994.

Tabla 2. Consumo de agua en litros por persona al día. Ponce Zepeda, Héctor F., Tratamiento y conservación de agua potable, Consulta: abril de 2009, esterilaqua@yahoo.com.mx

Tabla 3. Agua Ciudad de México por persona al día. Tabla realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Tabla 4. Consumo real de personas que trabajan o estudian (litros por persona al día). Tabla realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Tabla 5. Uso real del agua por persona al día. Tabla realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2009.

Capítulo 4. Análisis de Tratamientos y Reuso de Aguas Grises Existentes

Tabla 1. Análisis comparativo de los ejemplos de reuso de agua presentados. Tabla realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 2. Análisis comparativo de los tratamientos de agua presentados. Tabla realizada para este trabajo. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Capítulo 5. Modelo de Aprovechamiento de Aguas Grises Para Vivienda

Tabla 1. Clasificaciones y tipologías de vivienda. Topes mínimos. Estado Actual de la Vivienda en México 2009. Primera edición, Septiembre de 2009.



Fuente de Tablas

Tabla 2. Clasificaciones y tipologías de vivienda. Topes máximos. Estado Actual de la Vivienda en México 2009. Primera edición, Septiembre de 2009.

Tabla 3. Clasificaciones Homologadas. Estado Actual de la Vivienda en México 2009. Primera edición, Septiembre de 2009.

Tabla 4. Viviendas y hogares en México, 2000-2008. Estado Actual de la Vivienda en México 2009. Primera edición, Septiembre de 2009.

Tabla 5. Consumos por tipo de regadera. Recopilación de datos provenientes de varias fuentes. Imágenes obtenidas de HELVEX, Consulta: Febrero de 2010. www.helvex.com.mx

Tabla 6. Consumo de agua de lavadoras comerciales en México. Recopilación de datos provenientes de varias fuentes.

Tabla 7. Tabla resumen de modelos propuestos. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 8. Uso real del agua por persona al día (Tabla 5/Capítulo 2). D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 9. Uso de agua por vivienda al día. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 10. Ahorro de agua potable con Opción 1 (un baño). D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 11. Ahorro de agua potable con Opción 1 (dos baños). D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 12. Ahorro de agua potable con Opción 2. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.

Tabla 13. Resumen de ahorros por opción de modelo en vivienda. D.R. © Sandra Patricia Galván Gil, 2010.



Bibliografía

Libros

- ▶ **Agua. Usos, abusos, problemas, soluciones**, Leonor Pintado y Guillermo Osorno Editores, 2006.
- ▶ Barrera Marín, Andrés, **En defensa del Agua**, segunda edición, Editorial Itaca, México 2006; Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TD345 E53 2006.
- ▶ Beltrán, Fernando J., **Ozone Reaction Kinetics for Water and Wastewater Systems**, Lewis Publishers, CRL Press LLC, Boca Raton, London, New York, Washington D.C., 2004; Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TD461 B45.
- ▶ Boof, Sue (*et. Al.*), **Ecohouse: a Design Guide**, Architectural Press, Oxford, Auckland, Boston, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, 2001; Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TH4812 R63.
- ▶ Deffis Caso, Armando, **La Casa Ecológica Autosuficiente. Para Climas Templado y Frío**, primera edición, Árbol Editorial S.A. de C.V., México 1994; Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TH153 D445.
- ▶ Durán, Juan Manuel (*et. Al.*), **El Agua en la Historia de México. Balance y perspectiva**, Editorial Gráfica Nueva (impresión), Editorial CUCSH - U. de G (producción), Guadalajara, México 2005; Biblioteca Central, UNAM, piso 3, Clasificación: GB711 A47.
- ▶ Fundación Gonzalo Río Arronte-Fundación Javier Barros Sierra, **Prospectiva de la demanda de agua en México, 2000-2030**. México, 2004.
- ▶
- ▶ García Vera Mariana, “**Tratamiento de aguas grises con alternativas factibles y económicas**”, Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Tutor: Dr. Jesús Gracia Fadrique, 2010.
- ▶ Garza, Gustavo, **La Urbanización de México en el Siglo XX**, El Colegio de México, A.C., México 2003; Biblioteca Central, UNAM, piso 4, Clasificación: HT384 M6 G37
- ▶ Graizbord, Boris; Arrollo Alejandro, Jesús, **El Futuro del Agua en México**, El Colegio de México A.C., Universidad de Guadalajara, UCLA Program on México, PROFMEX/Casa Juan Pablos, México/Guadalajara/Los Ángeles, 2004; Biblioteca Central, UNAM, piso 4, Clasificación: HD1696 M6 F87.



Bibliografía

- ▶ Gleick, P., **Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs**, Internacional Water, 21, 1996.
- ▶ Hernández Muñoz, Aurelio, **Depuración de las Aguas Residuales**, 3ª ed., colección Señor No 9, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos; Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid. España, 1994, p. 61 ss.
- ▶ Izembart, Hélène; Le Boudec, Bertrand, **Waterscapes. El tratamiento de aguas residuales mediante sistemas vegetales. Using plant systems to treat wastewater**, Editorial Gustavo Gili, SA., España, 2003.
- ▶ Martínez Omaña, María Concepción (*et. Al.*), **Gestión del Agua en el Distrito Federal. Retos y Propuestas**, UNAM, Coordinación de Humanidades, Programa Universitario de Estudios Sobre la Ciudad, México 2004; Biblioteca Central, UNAM, piso 4, Clasificación: HD4465 M6 G47.
- ▶ Miño Grijalva, Manuel; Hurtado Hernández, Edgar, **Los Usos del Agua en el Centro y Norte de México**, Universidad Autónoma de Zacatecas, México 2005; Biblioteca Central, UNAM, piso 4, Clasificación: HD1696 M6 U76.
- ▶ Ortiz Uribe, Frida Gisela, **Diccionario de Metodología de la Investigación Científica**, Editorial Limusa S.A. de C.V., México 2003.
- ▶ Ramalho, R. S., **Introduction to Wastmater Tretament Processes**, Traducción: **Tratamiento de Aguas Residuales**, Traductores: Domingo Jiménez Beltrán (*et. Al.*), segunda edición, GERSA, 1993; Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TD745 R3518 415080.
- ▶ Rigola Lapeña, Miguel, **Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales**, Marcombo, S.A. España, 1989. p. 27 ss. Biblioteca Central, UNAM, piso 5, Clasificación: TD430 R54.
- ▶ Sagredo Suazo, Carlos Alberto, **“Tratamiento de Aguas Grises por Rectificación de Espuma Y Precipitación”** Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Tutor: Dr. Jesús Gracia Fadrique, 2007.
- ▶ Tortajada, Cecilia; Briswas, Asit K., **Precio del Agua y Participación Pública-Privada en el Sector Hidráulico**, Miguel Ángel Porrúa, México 2004; Biblioteca Central, UNAM, piso 4, Clasificación: HD1691 P74.



Bibliografía

- ▶ Tortoledo Villaseñor, Alejandro, **El Agua y su Historia. México y sus desafíos hacia el siglo XXI**, Siglo XXI Editores, S.A. de C.V., México 2000; Biblioteca Central, UNAM, piso 3, Clasificación: GB711 T67.
- ▶ Valek Valdés, Gloria, **Agua, Reflejo de un Valle en el Tiempo**, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, colección: Historias de la Ciencia y la Técnica, México 2000; Biblioteca Central, UNAM, piso 3, Clasificación: GB712 M4 V35.

Videos

- ▶ Neil Docherty, William Mariden, **Agua, ¿el Nuevo Petróleo?**, Título original: Dead in the Water, National Film Board of Canadá, Canadian Broadcasting Corporation, 2006

Aclaración: Este documental fue grabado al momento de ser transmitido por el canal INFINITI el jueves 1 de mayo de 2008 a las 10:00 a.m.

Internet

- ▶ AGUA.org.mx, **Cuánta Agua Tiene el Planeta**, IMAC, Diciembre de 2008, http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=16643_208&ID2=DO_TOPIC
- ▶ AGUA.org.mx, **Aunque Usted no lo Crea**, IMAC, Diciembre de 2008, http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17442_208&ID2=DO_TOPIC
- ▶ **Círculos simples y hojas de calidad cualitativa de Whatman**. Consulta: Abril de 2010 <http://www.fishersci.com.mx/catalogo/Mate/Filtros/cuali1.htm>
- ▶ **El ciclo del agua**, diciembre de 2008, http://www.papelnet.cl/ambiente/el_agua.htm
- ▶ **La Naturaleza del Agua**, última consulta: mayo de 2008, http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/CAgua.html
- ▶ La Jornada, **Desarrollan Método Químico Para Reutilizar las Aguas Grises**, Fecha de creación: 07 de febrero de 2008, última consulta: mayo de 2008, <http://www.jornada.unam.mx/2008/02/07/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie>



Bibliografía

- ▶ **La Naturaleza del Agua**, última consulta: mayo de 2008, http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/paginas/CAgua.html
- ▶ Lillian Bird y José Molinelli , **El Calentamiento Global y sus Consecuencias**, Alianza Geográfica, 2001. Consulta: Abril de 2010, <http://www.alianzageografica.org/leccioncalentglobal.pdf>
- ▶ **Los números del Agua en México**, abril de 2009, www.tlalpan.df.gob.mx, www.obras.df.gob.mx
- ▶ Marisa Mazari Hiriart, investigadora del Instituto de Ecología (IE), Excelsior, **Tratan Para Reutilizar 10 Por Ciento de Agua del País**, fecha de creación: 03 de abril de 2008, última consulta: mayo de 2008, http://www.exonline.com.mx/diario/noticia/primerapulsonacional/tratan_para_reutilizacion_10_por_ciento_de_agua_del_pais/178910
- ▶ Rodríguez, Roberto. **Reutilización de aguas grises**. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. – Argentina, edUTecNe, <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
- ▶ Sistema de Aguas de la Cuidad de México, **Apartado A, B y C: Leyes**, última consulta: febrero de 2009, <http://www.sacm.df.gob.mx/sacm/>
- ▶ SOLICLIMA Energía Solar, **Reciclaje y Tratamiento de Aguas**, última consulta: mayo de 2008, http://www.soliclima.com/reciclaje_aguas.html
- ▶ Tecnológico. **Tipos de plásticos**. Consulta: abril de 2010, <http://www.mitecnologico.com/>
- ▶ **The World Water Crisis**, marzo de 2001, junio de 2008, <http://www.worldwaterday.net/index.cfm?objectid=E38C787B-F1F6-6035-B9D8092D300B7548>
- ▶ WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre, **Agua**, última consulta: mayo de 2008, última modificación: mayo de 2008, <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>
- ▶ WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre, **Aguas grises**, última consulta: noviembre de 2008, última modificación: mayo de 2008, http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_grises



Bibliografía

Publicaciones

- ▶ **Derecho Humano al Agua**, Observación General 15, Artículo 11 y 12.
- ▶ Carrillo, Ismael, “**Novedoso Proceso para Limpiar el Agua con Plata**”, Gaceta UNAM, 12 de mayo de 2008.
- ▶ Castañeda, Leticia, “**La Odisea del Agua en Iztapalapa**”, DiaCRÓNICA, Suplemento Semanal del Periódico LA CRÓNICA, año 1, número 8, 25 de mayo de 2009.
- ▶ Estupiñán Herrera, Ma. De la Luz, M.A., “**Cultura ecológica en México**”, Revista: Calidad Ambiental, elemento esencial para el desarrollo sostenible, volumen X/num. 2, marzo/abril, 2005.
- ▶ González, Karina, “**Dos en uno**”, Revista Entre muros, diseño y Arquitectura, Grupo Reforma, número 151, Abril de 2009, México.
- ▶ Guajardo Guajardo, Lombardo, “**Aprovechamiento Sustentable del Agua en Nuevo León**”, Revista: Calidad Ambiental, elemento esencial para el desarrollo sostenible, ISSN:1405-1443, volumen X/num. 2, marzo/abril, 2005.
- ▶ **Guía para el uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales**. Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda-CONAFOVI, 2005
- ▶ Ponce Zepeda, Héctor F., “**Tratamiento y conservación de agua potable**”, abril de 2009, esterilaqua@yahoo.com.mx
- ▶ Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, “**Informe de la Situación del Medio Ambiente en México**”, SEMARNAT, México D.F., 2002.



Anexo 2

Tipos de plásticos que pudieran utilizarse en la fabricación del contenedor:

PET (Tereftalato de Polietileno)

Sus características son:

- Alta rigidez y dureza.
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes.
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- El PET es un plástico técnico de gran calidad para numerosas aplicaciones. Entre ellas destacan:
 - Fabricación de piezas técnicas
 - Fibras de poliéster
 - Fabricación de envases

Entre los materiales más fabricados destacan: envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos, etc.

PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad)

Sus características son:

- Se obtiene a bajas presiones.
- Se obtiene a temperaturas bajas en presencia de un catalizador órgano-metálico.
- Su dureza y rigidez son mayores que las del PEBD.
- Su densidad es 0,94.
- Su aspecto varía según el grado y el grosor.
- Es impermeable.
- No es tóxico.

Entre los materiales más fabricados con este plástico destacan: envases de leche, detergentes, champú, baldes, bolsas, tanques de agua, cajones para pescado, juguetes, etc.



PVC (Polocloruro de vinilo)

Sus características son:

- Es necesario añadirle aditivos para que adquiriera las propiedades que permitan su utilización en las diversas aplicaciones.
- Puede adquirir propiedades muy distintas.
- Es un material muy apreciado y utilizado.
- Tiene un bajo precio.
- Puede ser flexible o rígido.
- Puede ser transparente, translúcido u opaco
- Puede ser compacto o espumado.

Los materiales que más se fabrican con este plástico son: tuberías, desagües, aceites, mangueras, cables, simil cuero, usos médicos como catéteres, bolsas de sangre, juguetes, botellas, pavimentos, etc.

PEBD (LDPE) (Polietileno de baja densidad)

Sus características son:

- Se obtiene a altas presiones.
- Se obtiene en temperaturas altas y en presencia de oxígeno.
- Es un producto termoplástico.
- Tiene densidad 0,92
- Es blando y elástico
- El film es totalmente transparente dependiendo del grosor y del grado.

Los materiales más fabricados con este plástico son: poliestireno, envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, aislante de cables eléctricos, rellenos, etc.

PP (Polipropileno)

Sus propiedades más características son:

- Excelente comportamiento bajo tensiones y estiramientos.
- Resistencia mecánica.
- Elevada flexibilidad.
- Resistencia a la intemperie.
- Reducida cristalización.
- Fácil reparación de averías.
- Buenas propiedades químicas y de impermeabilidad.



- Aprobado para aplicaciones con agua potable.
- No afecta al medio ambiente.

Los materiales fabricados más destacados de este plástico son: envases de alimentos, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos, etc.

PS (Poliestireno)

Sus características son:

- Termoplástico ideal para la elaboración de cualquier tipo de pieza o envase.
- Higiénico y económico.
- Cumple la reglamentación técnico - sanitaria española.
- Fácil de serigrafiar.
- Fácil de manipular.
- Se puede cortar.
- Se puede taladrar.
- Se puede perforar.

Los materiales que se fabrican con este plástico son: envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc.¹⁰⁶

¹⁰⁶ Tecnológico. *Tipos de plásticos*. Consulta: abril de 2010, <http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDePlasticos>



Anexos

Anexo 3¹⁰⁷

Los plásticos pueden categorizarse de manera amplia en dos grandes tipos: termoplásticos y termofijos. Existen grandes cantidades de tipos en cada una de las categorías. Los termoplásticos se ablandan cuando son calentados, por lo que pueden ser reformados y reutilizados; los termofijos no tiene esta propiedad, por lo que no pueden ser reciclados.

IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS

Existe un código de identificación mundial para los termoplásticos que los identifica con números del 1 al 7 dentro de un triángulo de flechas, normado en México en la NMX-E-232-SCFI-1999, ya que cada plástico tiene sus propiedades y aplicaciones específicas.



PET Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: de refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.



PEBD Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tubería y otros.



PEAD Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, etc.



PP Plástico opaco, traslúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, etc.



PVC Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, etc.



PS Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el Cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos.

¹⁰⁷ Instituto Nacional de Ecología, México. Consulta: Mayo de 2011. Plásticos <http://concienciaambiental.com.mx/cca/plasticos.html>



Reciclaje de los termoplásticos.

Una gran cantidad de termoplásticos pueden ser reciclados, poseen un alto valor calorífico y provienen de un insumo relativamente caro. Los principales polímeros termoplásticos usados en el mundo para la aplicación de envases y embalajes, son los siguientes:

1. Polietileno tereftalato (PET)
2. Polietileno de alta densidad (PEAD)
3. Policloruro de vinilo (PVC)
4. Polietileno de baja densidad (PEBD)
5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS)

Las principales aplicaciones de reciclaje de los termoplásticos anteriores, son los siguientes:

1. PET: Producción de fibras de poliéster y capas intermedias en laminados para producción de nuevos envases.
2. PEAD: Película de alta resistencia para bolsas y sacos, botellas no sanitarias, juguetes, cubetas y gran variedad de productos para el hogar.
3. PVC: Tuberías para irrigación, mangueras, molduras y ventanas, discos, botellas no sanitarias y accesorios para automóviles.
4. PEBD: Bolsas, sacos y películas flexibles, botellas no sanitarias por soplado moldeo, y aislamiento de cable eléctrico y de teléfono.
5. PP: Sillas y otros tipos de muebles, cajas para baterías y otros accesorios de automóvil, tuberías y conexiones, cuerdas, hilo, cinta, rafia para costales; conos canillas y otros accesorios para la industria textil.
6. PS: Material de empaque para usos no alimentarios, accesorios para oficina, peines, escobas y piezas de equipaje.

El uso del PET ha venido incrementándose grandemente en los últimos años. Otro mercado que también se está desarrollando es el de polietileno lineal de baja densidad (PELBD), polímero que introducido en 1979 y que está sustituyendo poco a poco al PEBD. Cada día se le encuentra más uso a en la industria del envase al PELBD: El mercado para los plásticos mezclados también ha ido creciendo poco a poco en fechas recientes.

Actualmente existen varias tecnologías en el mundo que permiten transformar una mezcla variable de diversos tipos de plástico en productos útiles que sustituyen en productos útiles que sustituyen a la madera en muchas de sus aplicaciones.



De entre los plásticos menos comunes, el poliuretano (PU) se utiliza casi siempre en forma expandida; es decir; como espuma; por lo que es poco económico reciclarlo. El ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), el nylon, los acrílicos y el policarbonato sólo interesan a un mínimo de compradores especializados. Aunque el precio por tonelada de estos plásticos es elevado, resulta difícil recolectarlo en volúmenes suficientes.

LOS PLÁSTICOS (IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE Y FACTIBILIDAD DE RECICLAJE)

a) Los plásticos de cada día.

- ▶ Son económicos, livianos, transparentes “hacen más práctica la vida”. Sin embargo están creando serios problemas al ambiente. Cada año se consumen en el mundo 100 millones de toneladas, de las cuales el 75% se convierten en basura luego de su uso.
- ▶ NO son biodegradables. El 95% NO es reciclable. La industria del plástico utiliza 5 de los 6 productos químicos más peligrosos y contaminantes (de una lista de 20).
- ▶ Contienen elementos tóxicos tales como cloro, cadmio y plomo. La fabricación de plástico y su incineración liberan a la atmósfera sustancias cancerígenas llamadas Dioxinas.

b) Plásticos más comunes, usos y factibilidad de reciclaje:

1. Polietileno Tereftalato (PET): Botellas de gaseosa o aceite. Reciclaje Viable.
2. Polietileno de Alta Densidad: Frascos, baldes, bateas, botellas de leche, bolsas. Reciclaje Viable.
3. Poli Cloruro de Vinilo (PVC): Juguetes, chupones, cinta adhesiva, “stickers”, forros para libros, botellas de desinfectantes, micas, tuberías. Es el más contaminante. NO Reciclable.
4. Polietileno de baja Densidad: Láminas delgadas. NO Reciclable.
5. Polipropileno (PP): Recipientes para comidas (“tapers”), vasitos descartables, biberones, tapas, etiquetas, alfombras. Cajas “Six pack” NO Reciclables.
6. Poliestireno(PS): Corcho blanco o “tecnopor”: vasos y bandejas de espuma, cajas térmicas, cajas para “pollo a las brasas”, hueveras. Este plástico destruye el Ozono. NO Reciclable.
7. OTROS:
 - Acrílicos: Cepillo dentales, llaveros, adornos. NO Reciclables
 - Poliuretano: Termos, aislantes térmicos. NO Reciclable.
 - Laminados: Empaques combinados de polietileno, aluminio y cartón. Cajas de vino, jugos y leche esterilizados (“larga vida”). NO Reciclables.

