



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

“PROYECTO PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA
RESIDUAL Y EL AGUA DE LA LLUVIA EN LA VIVIENDA
DE 5 PERSONAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA
MAURICIO PESTAÑA ROQUE

ASESOR: M.A.I. PEDRO GUZMÁN TINAJERO

CUAUTITLAN IZCALLI,

ESTADO DE MÉXICO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque sin el no habría podido llegar este momento y por todas las bendiciones de las que me colmado en el transcurso de mi vida.

A esas dos personas que con el pasar de los años solo los han dedicado a que a mi y a mis hermanos no nos faltara nada, gracias por llevarme siempre por el buen camino, por inculcarme principios, educación y por entregarme todo su cariño y amor, gracias por dejarme crecer y poder descubrir las experiencias que la vida nos tiene con el paso del tiempo, gracias por todo el tiempo que me regalaron, gracias por todas y cada una de las ocasiones en que pensaron y piensan en mi, por estas razones hoy y siempre quiero darles las gracias a mis padres, que son las personas capaces de dar la vida por un hijo con tal de que sea feliz .

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por el privilegio de ser parte de la mejor institución de educación superior.

A mi Asesor el Ingeniero Pedro Guzmán por los consejos, el apoyo y tiempo que dedicó a mejorar este trabajo.

A mis Sinodales Los ingenieros: José Juan Contreras Espinoza, Casildo Rodríguez Arciniega, Ángel Rueda Ángeles y Aidé Castro Fuentes por enriquecer este trabajo con sus comentarios y por el tiempo dedicado a revisarlo.

A mis Profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por las enseñanzas recibidas durante mi carrera.

DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo a:

A una persona que ya no esta conmigo en este momento, pero su recuerdo estará en mi pensamiento cada día de mi vida por su apoyo y amor incondicional, por eso te dedico este trabajo **Abuelita Luisa**, se que estas conmigo y estas muy orgullosa de mí, siempre te recordaré.

También a mi papá **Sr. Armando Pestaña** sin tu apoyo no lo habría logrado, te agradezco por todas las enseñanzas, siempre me diste el mejor ejemplo.

A mi mamá la **Sra. Julia Roque** gracias por enseñarme a hacer las cosas de la mejor manera posible, por que como decía mi abuelita el sabe hacerlo sabe mandarlo. Jamás podré pagarles todo lo que han hecho por mí y mis hermanos.

A mi **tía Yuli** que ha estado conmigo y me ha apoyado desde el primer día en la Facultad

También a **Doña Panchita** quien es y ha sido como una madre para mí, A don Sergio, siempre me han tratado como de la familia, gracias.

A mi Hermano Armando y a mi Hermana Olivia, por que se que siempre puedo contar con ustedes y ustedes conmigo.

A mi Mama Tere, a mi Tía Yoli, a mi Tía Martha, a mi Tía Magui, mi Tía Naty, a mis tíos José Luis, Francisco, Rodolfo, Fernando, Beto, mi Tía Domi, siempre han sido un ejemplo a seguir, gracias por su apoyo. A mis primos: Luis, Carlos, Irina, Julio, Lalo, Naty, Fani, Beto. A mis sobrinos: Alon, Naomi, Ingrid, Carlitos, Ximena y los que viene en camino.

También lo dedico a mis Hermanos Toño y Oscar por los momentos que hemos pasado juntos, siempre han estado cuando los he necesitado. A Sergio, Ricardo, Héctor, Ana María, Alejo, Toño, Gilros, Katy, Blanca, Aidé, Caro, Lalo, Adrian, Juan, Deny, Peny, Jorge, Rigo, Kary, Ere, Mariana, David, Edgar, Chino, Amistad, Alma, Don José, Rocio, Antolín, Francisco, Alfredo, Ely, Fani, Pablo, por los buenos momentos y los no tan buenos que vivimos juntos, siempre los recordaré.

A Yesenia por que se que siempre tendré tu apoyo incondicional y no me dejarás caer, Gracias por creer en mí.

ÍNDICE

	PAGINA
AGRADECIMIENTOS	1
DEDICATORIAS	2
ÍNDICE	3
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL	12
1.1 DEFINICIÓN DEL AGUA	12
1.2 AGUA EN MÉXICO	13
TABLA 1.2 EL AGUA EN MÉXICO	13
1.3 DATOS Y CIFRAS DEL AGUA EN MÉXICO Y EL MUNDO	14
TABLA 1.3 DATOS Y CIFRAS SOBRE EL AGUA EN MÉXICO Y EL MUNDO	14
TABLA 1.3 CONTINUACIÓN	15
CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES	18
2.1 ANTECEDENTES	19
2.2 FUENTES DE AGUA RESIDUALES	19
2.2.1 AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	19
TABLA 2.1 DATOS TÍPICOS	20
2.2.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	21
2.2.3 AGUAS RESIDUALES AGRÍCOLAS	22
2.2.4 AGUAS DE LLUVIA	22
2.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	22
2.4 NORMATIVIDAD EN MÉXICO	24
2.4.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996	24
2.4.2 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-ECOL-1996	24
2.4.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-ECOL-1996	24
CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUAS	25
3.1 GENERALIDADES	25
3.2 FUENTES DE ABASTECIMIENTO	26
TABLA 3.1 ACCIÓN DE LAS DIFERENTES ETAPAS DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO PÚBLICO	27
3.3 CAPTACIÓN	28
3.4 MEDIDOR DE GASTO	28

ÍNDICE

3.5	DESARENADOR	28
3.6	PREDECANTADORES	28
3.7	AERACIÓN	29
3.8	COAGULACIÓN	29
3.9	SEDIMENTACIÓN	30
	TABLA 3.2 VELOCIDADES DE SEDIMENTACIÓN	30
3.10	FILTRACIÓN	32
3.10.1	FILTROS LENTOS DE ARENA	32
3.10.2	FILTROS RÁPIDOS DE ARENA	32
3.10.3	FILTROS A PRESIÓN	32
3.11	ABLANDAMIENTO DEL AGUA	33
3.12	ESTABILIZACIÓN DEL AGUA	33
3.13	DESINFECCIÓN DEL AGUA CLORACIÓN	33
	TABLA 3.3 EFECTOS QUE OCASIONA EL GAS CLORO EN EL AGUA	34
	TABLA 3.4 DEMANDA DE CLORO EN AGUAS NEGRAS	34
3.14	CONTROL DE OLOR Y SABOR	35
3.15	FLUORACIÓN	35
3.16	ELIMINACIÓN DE HIERRO Y MANGANESO DEL AGUA.	35
CAPÍTULO 4	BOMBEO	36
4.1	ANTECEDENTES	36
4.2	TIPOS DE BOMBAS Y APLICACIONES	36
4.2.1	BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	36
4.2.1.1	BOMBAS RECIPROCANTES	37
4.2.1.1.1	BOMBAS DE PISTÓN O EMBOLO	37
4.2.1.1.1	BOMBAS DE DIAFRAGMA	37
4.2.1.2	BOMBAS ROTATORIAS	37
4.2.1.2.1	BOMBAS DE LÓBULOS	37
4.2.2	BOMBAS DINÁMICAS	37
4.2.2.1	BOMBAS CENTRÍFUGAS	37
4.2.2.2	BOMBAS PERIFÉRICAS	38
4.2.2.3	BOMBAS ELECTROMAGNÉTICAS.	38

ÍNDICE

4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	38
4.3.1 CAPACIDAD	38
4.3.2 ALTURA DE DESCARGA	38
4.3.3 ALTURA DE SUCCIÓN	38
FIGURA 4.1 SUCCIÓN NEGATIVA	39
FIGURA 4.2 SUCCIÓN POSITIVA	39
4.3.4 CARGA DINÁMICA TOTAL	39
4.3.5 CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN (CNPS)	39
4.3.5.1 CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN DISPONIBLE	39
4.3.5.2 CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN REQUERIDA	40
4.3.6.- EFICIENCIA DE LA BOMBA	40
4.3.7.- CURVA CARACTERÍSTICA	40
4.4 PÉRDIDAS	40
4.4.1 PÉRDIDAS HIDRÁULICAS	41
4.4.2 PÉRDIDAS MECÁNICAS	41
4.4.3 PÉRDIDAS POR FUGAS	41
4.5 SELECCIÓN ADECUADA DE LA BOMBA	41
4.6 GOLPE DE ARIETE	42
4.7 CAVITACIÓN	42
4.8 CEBE DE LA BOMBA	42
4.9 COLUMNA DE AGUA	43
4.10 PRESIÓN DE VAPOR	43
CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO	44
5.1 ANTECEDENTES	45
5.2 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO INFERIOR Y SUPERIOR	45
5.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL ALJIBE Y BASE DE TINACO	45
FIGURA 5.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL ALJIBE.	46
FIGURA 5.2.2 CONSTRUCCIÓN DE BASE PARA TINACO.	46
5.3 SISTEMA PREDECANTADOR-AEREADOR Y TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y TUBERÍA DE INTERCONEXIÓN	
FIGURA 5.3.1 TANQUE PARA FILTRO PREDECANTADOR-AEREADOR.	47
FIGURA 5.3.2 TUBERÍA UTILIZADA PARA INTERCONEXIÓN DE TUBERÍA DE VIVIENDA Y FILTROS.	48

ÍNDICE

5.4 SISTEMA DE BOMBEO	48
FIGURA 5.4.1 MOTOBOMBA	49
5.5 SISTEMA DE HIDRÁULICO TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA TRATADA.	49
FIGURA 5.5.1 MATERIALES UTILIZADOS EN TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA TRATADA.	50
5.6 SISTEMA DE FILTROS LENTOS DE ARENA	50
FIGURA 5.6.1 TANQUES UTILIZADOS COMO FILTROS LENTOS DE ARENA.	51
5.7 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA A LAS TOMAS	52
FIGURA 5.7.1 TUBERÍA DE CONEXIÓN A RETRETE.	52
FIGURA 5.7.2 VISTA SUPERIOR DE ALJIBE Y FILTROS DE ARENA	53
5.8 PROYECTO TERMINADO	53
FOTO 5.8.1 TINACO PARA ALMACENAMIENTO SUPERIOR.	54
FIGURA 5.8.2 RECUBRIMIENTO INTERIOR DE ALJIBE	54
CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	55
6.1 CONCEPTOS GENERALES	55
6.2 COSTOS DE LA CONTRUCCION DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO INFERIOR Y SUPERIOR	55
FIGURA 6.2 COSTO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	
6.3 COSTOS DEL SISTEMA PREDECANTADOR- AEREADOR Y TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y TUBERÍAS DE INTERCONEXIÓN	56
FIGURA 6.3 COSTOS DEL SISTEMA PREDECANTADOR-AEREADOR, TANQUE DE SEDIMENTACIÓN Y TUBERÍA	56
6.4 COSTOS DEL EQUIPO DE BOMBEO	57
FIGURA 6.4 COSTOS DEL EQUIPO DE BOMBEO	57
6.5 COSTOS DEL SISTEMA DE HIDRÁULICO TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA TRATADA.	58
FIGURA 6.5 COSTOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO TUBERÍA DE SUCCIÓN Y DESCARGA DE AGUA TRATADA	58
6.6 COSTOS DEL SISTEMA DE FILTROS LENTOS DE ARENA	58
FIGURA 6.6 COSTOS DE FILTROS LENTOS DE ARENA	58
6.7 COSTOS DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA A LAS TOMAS	60
FIGURA 6.7 COSTOS DE SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA TRATADA A TOMAS	60
6.8 COSTO TOTAL DEL PROYECTO	61
FIGURA 6.8 COSTO TOTAL DEL PROYECTO	61
6.9 COMPARATIVA CONTRA EQUIPOS EN EL MERCADO	61
FIGURA 6.9 COMPARATIVA DE PRECIOS	61

ÍNDICE

FIGURA 6.10 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES FAST®	62
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	67

INTRODUCCIÓN

"Sólo después de que el último árbol sea cortado, sólo después de que el último río sea contaminado, sólo después de que se pesque el último pez, sólo entonces descubrirás que el dinero no se puede comer".

Profecía India

La mayor parte de las poblaciones vierten sus aguas residuales a cielo abierto, en cauces naturales, generando diversos grados de contaminación, la mayoría con acciones muy peligrosas. Generalmente la construcción y rehabilitación de estas obras no se promueven porque no se ve su beneficio económico y en lugares donde no se requiere, o mejor dicho, no se exige el uso de agua tratada, el alto costo de inversión, operación y mantenimiento son considerados como una pérdida económica.

Mientras que no se tratan las aguas negras, cuyas características físicas, químicas y bacteriológicas, son más o menos constantes y podemos tener de ellas un conocimiento exacto de laboratorio, nos ponemos a potabilizar aquellas aguas cuyo grado de contaminación varían con los efectos de la naturaleza deteriorada, a un costo a veces impredecible pero siempre alto, y conducida generalmente desde distancias cada vez mayores, para uso doméstico y para la industria.

Uno de los mayores retos de la administración de los organismos encargados de los recursos hidráulicos del país es la del abastecimiento de agua adecuada para satisfacer la demanda de las concentraciones urbanas ya que cada vez hay menos agua potable para la población, esto debido a la falta de cultura de cuidado del agua, la falta de planeación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica existente tanto de desagüe, como de abastecimiento (fugas, contaminación), falta de cultura de almacenamiento de agua de lluvia, es por ello que se requieren sistemas económicos y sencillos en su construcción para tratar agua residual doméstica y almacenar agua de lluvia para reutilizarla en actividades que no requieran agua potable.

Es necesario, por un lado, evaluar el impacto ecológico que están generando las descargas de aguas contaminadas, a los diversos cuerpos receptores (que por otra parte pueden significar recursos potencialmente, sean pesqueros, recreativos o de otro tipo que a su vez restaurarán la economía en otros sectores o del mismo subsector del abastecimiento de agua), y por otro el desequilibrio ecológico que se causa en donde captamos los grandes volúmenes de agua

INTRODUCCIÓN

Limpia dejando secas las cuencas y en cuyos largos acueductos empleamos gran cantidad de recursos económicos, que podrían asignarse a otras actividades que los requieran.

A continuación se anexa un artículo extraído de un periódico de circulación nacional en el que se muestra una de las consecuencias de la escasez de agua en la capital, zona metropolitana y algunas zonas de la república mexicana.

“Se agravarán pugnas por agua afirma especialista”¹

“ALMOLOYA DE JAUREZ, Mex. La guerra por el agua en las zonas más pobladas del país apenas comienza y todo parece indicar que se agravara los próximos meses ante la escasez prevista, pero con mayor incidencia en el distrito federal y su zona metropolitana, donde se han concentrado 43% de los conflictos por el líquido en los últimos años”.

“El 60% de estos conflictos se han presentado donde los acuíferos ya están sobreexplotados, sostuvo Boris Marañón Pimentel, investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quien reconoció que la situación es crítica no solo en México, sino también en otros países de América Latina, como Perú y El Salvador. Explicó que en esta región los problemas de escasez de agua son importantes, a pesar de que América Latina posee 46% de los recursos hídricos renovables del mundo”.

“Al exponer el tema *Población, ambiente y recursos: conflictos por el agua* ante expertos del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), el investigador sostuvo que la situación es más delicada, considerando que en esta región, casi tres cuartas partes del líquido tienen algún grado de contaminación”.

“Comento que a nivel nacional, las regiones donde ya se han registrado conflictos ocasionados por el vital líquido son la Zona Metropolitana del Valle de México, con un 43% de la incidencia”.

“Le siguen el norte del país con 14%, y el sur con 13%; las zonas centro norte, oriente, noroeste y occidente también registran conflictos, pero con grados que fluctúan entre el 7% y 9% cada uno dijo el especialista”.

¹ Montaña, María Teresa, (2009), “Se agravarán pugnas por agua afirma especialista”, DF, EL UNIVERSAL, Lunes 26 de enero, <http://www.eluniversal.com.mx/df>. [Consulta Lunes 26 de enero de 2009

INTRODUCCIÓN

“Señaló que las principales formas utilizadas por la sociedad para expresar su inconformidad ante la carencia de agua en los últimos años, han sido en 51% las marchas, seguidas por bloqueos de vialidades públicas (26%); solo el 21% registra la toma de instalaciones, y en escaso 2% ha ocurrido la destrucción de las instalaciones”.²

“Dijo que existen variables que influyen en la generación de conflictos, como puede ser la escasez de terminada por la oferta y demanda; cuestiones climáticas o de infraestructura; la situación de las aguas subterráneas y superficiales, además de “situaciones políticas””³

Ante este panorama se observa que cada vez serán más y más violentos los conflictos que se produzcan por la falta de agua potable, ya que el problema no es que no haya agua sino que la que hay está contaminada, es por esto que una alternativa para solucionar este problema es la captación de agua de lluvia y el tratamiento de agua residual.

Es por ello que el objetivo fundamental de este trabajo de titulación es presentar una alternativa para captar agua de lluvia y tratar el agua residual casera, con ello, satisfacer en alguna medida la demanda de agua con un sistema de tratamiento de agua que se pueda utilizar tanto con agua de lluvia así como también el agua que se utiliza en las actividades cotidianas de cualquier familia.

En el capítulo 1 se define al elemento más importante para la vida de los organismos vivientes en el planeta, así como también se dan algunas cifras relevantes del vital líquido en el planeta y en México.

El capítulo 2 informa sobre los principales constituyentes de los diferentes tipos de aguas residuales como son las domésticas, las industriales, las de usos agrícolas y el agua de lluvia, además se incluyen algunas definiciones de la norma encargada de regular los límites de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

En el capítulo 3 define un proceso de purificación o potabilización, las diferentes partes del proceso, cabe mencionar que la disposición y el número de fases del proceso varían.

²Montaño, María Teresa, (2009), “Se agravarán pugnas por agua afirma especialista”, DF, EL UNIVERSAL, Lunes 26 de enero, <http://www.eluniversal.com.mx/df>. [Consulta Lunes 26 de enero de 2009

³IDEM

INTRODUCCIÓN

Dependiendo del autor, algunos incluyen más o menos fases, el que se incluye es uno de los más completos procesos de potabilización.

El capítulo 4 define los diferentes tipos de equipos que existen para mover fluidos, así como los mecanismos involucrados en la succión y descarga de agua, también se presentan las características de cada bomba para seleccionar la más adecuada para el sistema de bombeo de acuerdo al proyecto que se desea realizar, nos define las pérdidas en los sistemas de bombeo.

En el capítulo 5 se aplican los conocimientos adquiridos previamente para desarrollar un sistema de tratamiento de agua, relativamente barato y fácil de aplicar en una vivienda en donde habitan 5 personas.

El capítulo 6 hace referencia a los costos de materiales y mano de obra requeridos para la realización de los diferentes sistemas que conforman el proyecto propuesto.

Cabe señalar que existen en el mercado gran cantidad de productos y accesorios diseñados para tratar agua, que utilizan modelos o métodos desarrollados para las instalaciones encargadas del tratamiento a escala municipal o industrial, además de los que disminuyen el consumo del líquido, etc. Los que se debe complementar con el uso racional del agua y otros procedimientos que a últimas fechas están teniendo mucho auge son: la captación y utilización del agua de lluvia para uso doméstico.

El presente proyecto consiste en un sistema de recolección y filtrado de agua de lluvia, un dispositivo de filtrado-recolección de agua residual doméstica, un filtro-decantador como segundo dispositivo, dos filtros de arena como tercer dispositivo, y el tanque de almacenamiento inferior o aljibe, en donde se aplicara la dosis de cloro necesaria para oxidar los metales presentes y eliminar color del agua, así como también tendrá la función de eliminar organismos patógenos ya que como se sabe el cloro es uno de los mejores desinfectantes, mas efectivo aún que el yodo, también se encuentra la bomba y las tubería respectivas que se encargaran de elevar el agua para aprovecharla, el tanque de almacenamiento superior o tinaco y la tubería de descarga de agua tratada a las diferentes ubicaciones en donde será utilizada.

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

1.1 Definición del agua

La formación de las primeras formas de vida tuvo lugar en las aguas de los primitivos océanos. Así también las células empezaron a liberar oxígeno y gases con carbono es por ello que se considera el líquido en donde se originó la vida en el planeta.

El agua líquido sin olor, sin color y sin sabor es, sin embargo, imprescindible para la realización de los procesos vitales para todos los organismos vivientes desde las células hasta los seres humanos. La principal prueba de ello es que el cuerpo humano está conformado aproximadamente del 70 por ciento de este vital líquido.

Está compuesta por dos átomos de oxígeno y un átomo de hidrógeno, su fórmula química es H_2O . La podemos encontrar en los tres estados naturales el sólido que constituye el hielo de los polos norte y sur, además del de las altas montañas y cordilleras, el líquido que es la forma más abundante en que se encuentra en el planeta cubre aproximadamente el 70 por ciento de la tierra y en estado gaseoso que sin el cual no se podría llevar a cabo el ciclo del agua, el cual consiste en el recorrido del agua por el planeta y el paso de un estado líquido a uno gaseoso y después otra vez al estado líquido en forma de lluvia, sirve para mantener funcionando el ciclo de la vida.

“El reto clave de la administración del agua solo será entendido dentro del contexto del rol de las aguas en el mundo hoy en día”.⁴

“El agua es para el mexicano símbolo de pureza. No solo sacia la sed, también purifica, limpia al cuerpo y al espíritu. Por ello, se la bebe casi en cualquier condición, sin temor; no hay escrúpulos respecto al concepto moderno de contaminación. El campesino suele tomar el agua haciendo de sus manos juntas suele tomar el agua haciendo de sus manos juntas y no siempre limpias una especie de vaso, o utilizando la copa del sombrero de palma, sin importarle si tiene polvo o sudor. A ese mismo campesino, ya como inmigrante y asentado en la periferia de las grandes ciudades, no le preocupa mayormente que el tambo en el que depositan su agua las pipas abastecedoras, este descubierto y expuesto al polvo y a la contaminación. La ignorancia acerca de la posible presencia de agentes microbianos

⁴ The United Nations World Water Development Report 2 (2006) “Water: a shared responsibility”. Barcelona, España. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization and Bergham Books. 584p.

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

Patógenos, de sustancias químicas o tóxicas en el agua, hace que muchos mexicanos subestimen el riesgo y se vuelvan indiferentes a la calidad del agua que se les suministra y a las medidas de prevención y control que se les recomiendan para conservar la salud”⁵

1.2 Agua en México

La situación actual del agua en nuestro país es cada vez más delicada debido a que el agua que se utiliza para la distribución proviene de los mantos freáticos, los que son sobreexplotados, no dando el tiempo suficiente para que se regeneren naturalmente, también la contaminación de las fuentes de agua superficiales y el casi nulo tratamiento de agua residual vertida a las mismos han ocasionado que el problema sea cada vez mas grave.

A continuación se dan algunas cifras relevantes del vital líquido en nuestro país.

Tabla 1.2 El Agua en México⁶

El Agua en México
En todo el país llueve un aproximado de 1511 kilómetros cúbicos de agua cada año, el equivalente a una piscina de un kilómetro de profundidad del tamaño de su capital, el Distrito Federal.
El 72% (1084 km ³) de esa agua de lluvia se evapora.
México es en su mayoría un país árido o semiárido (en un 56%)
El 67% de las lluvias mexicanas caen en los meses de junio a septiembre.
Si promediamos la lluvia mexicana, el país recibe unos 711 mm cada año, no es mucho comparado con otros países. (1 mm de lluvia = 1 litro por m ²)
El 50% de su superficie la tienen los estados norteños y ahí llueve tan sólo el 25% del total.
En la parte angosta del país, que ocupa el 27.5% del territorio cae la mayoría del agua de lluvia (49.6%) en los Estados del sur-sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco).
Entre los Estados más secos está Baja California, tan solo llueve un promedio de 199 mm por año.

Fuente: Comisión Nacional del Agua.

⁵ El agua como bien cultural. Noviembre (1988). Agua potable “la revista de saneamiento ambiental en México”. México. Editorial Del Rio Panuco S.A. p 20-21.

⁶ Semarnat, CNA. Editado en Agua.org.mx

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

La siguiente tabla es la continuación de la tabla 1.2 El agua en México.

Continuación Tabla 1.2 El Agua en México

En contraste está Tabasco que recibe 2588 mm de agua cada año.
En México llueve cada vez menos. De 1994 a la fecha ha llovido menos del promedio histórico anterior.
En la clasificación mundial, México está considerado como un país de disponibilidad baja de agua. Los países más ricos en disponibilidad de agua son Canadá y Brasil.

Fuente: Comisión Nacional del Agua.

1.3 Datos y cifras sobre el agua en México y el mundo⁷

“La superficie del planeta está constituida por agua en un 70%, de la cual el 97.5 % es agua salada. El agua dulce en el planeta es de 25 millones de kilómetros cúbicos esto es el 2.5% del agua total del planeta, de la cual 68.9 % se encuentra en forma de hielo, glaciares y nieves perpetuas, el 30.8% se encuentra en el subsuelo y solamente el 0.3% se encuentra en los ríos, lagos y humedales, por lo tanto el porcentaje de agua dulce del mundo disponible para uso humano y mantenimiento de los ecosistemas naturales es menor al 1%”⁸.

En el continente americano se encuentra concentrada el agua mundial en un 47% aproximadamente.

Tabla 1.3 Datos y cifras sobre el agua en México y el mundo⁹

Datos del agua en México y el mundo
Porcentaje de la superficie del planeta compuesta por agua: 70.
Porcentaje de esa agua que es salina: 97.5.
Agua dulce en el planeta: 25 millones de km ³ .
Porcentaje del agua dulce congelada en bancos de hielo, glaciares y nieves perpetuas: 68.9.

Fuente: Comisión Nacional del Agua

⁷ Semarnat, CNA. Editado en Agua.org.mx

⁸ ídem

⁹ Libro "Agua, medio ambiente y sociedad, hacia la gestión de los recursos hídricos en México", <http://www.biosferamexico.org/geomosaico/2009/07/07/datos-del-agua-en-mexico/>.

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

En México la Comisión Nacional del Agua es la autoridad encargada de regular el uso, aprovechamiento o explotación de las aguas nacionales, así como su distribución, uso y preservación.

Continuación Tabla 1.3 Datos y cifras sobre el agua en México y el mundo¹⁰

Porcentaje de agua dulce que se almacena en aguas subterráneas: 30.8.
Porcentaje de agua dulce localizada en lagos, lagunas, ríos y humedales: 0.3.
Cantidad del agua dulce del mundo que está disponible para uso humano y mantenimiento de los ecosistemas naturales: menos de 1%.
Porcentaje de agua mundial que se concentra en el continente americano: 47.
Disponibilidad natural de agua estimada para el 2004 por habitante en México: 4,500m ³ .
Disponibilidad natural de agua por habitante en México en 1955: 11,500 m ³ .
Disponibilidad natural de agua por habitante en México estimada para 2025: 3,822 m ³ .
Disponibilidad natural actual de agua por habitante en Canadá: 99,700 m ³ .
Disponibilidad actual de agua por habitante en la India: 2,300 m ³ .
Disponibilidad natural de agua por habitante en Chiapas: 24,674 m ³ .
Disponibilidad natural de agua por habitante en Baja California: 1,336.
Precipitación total de agua al año en el territorio mexicano: 1,511 km ³ .
Disponibilidad natural media total del agua que se precipita en México (agua disponible 476 km ³ .
Ríos principales en México: 37.
Superficie cubierta por los cerca de 70 lagos que hay en México: 370,891 hectáreas.
Superficie del territorio de México compuesta por humedales (deltas, ríos, arroyos, lagos, lagunas, pantanos, turberas, oasis, cenotes, marismas, esteros, manantiales, manglares, tulares, rías y charcas): 5,115,393 hectáreas.
Porcentaje del agua en México utilizada para uso agropecuario: 77.
Porcentaje del agua en México para abastecimiento público: 13.

Fuente: Comisión Nacional del Agua

¹⁰ Libro "Agua, medio ambiente y sociedad, hacia la gestión de los recursos hídricos en México", <http://www.biosferamexico.org/geomosaico/2009/07/07/datos-del-agua-en-mexico/>.

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

La Comisión Nacional Del Agua también está encargada de vigilar el cumplimiento y aplicación de las normas que se refieren al agua.

Continuación Tabla 1.3 Datos y cifras sobre el agua en México y el mundo¹¹

Porcentaje del agua asignada para el riego que regresa al ciclo hidrológico sin ser aprovechada en la agricultura: 54.
Porcentaje del agua subterránea que se extrae para la agricultura y que no llega a utilizarse en las parcelas por ineficiencia en la conducción: entre 40 y 60.
Número de veces que representa, frente al abastecimiento público, el volumen de agua extraída para la agricultura y que no llega a utilizarse: 3.
Porcentaje de cobertura nacional de agua potable: 89.2.
Millones de personas en México que no cuentan con agua potable: 10.6.
Porcentaje de la población mexicana con acceso al alcantarillado: 77.
Millones de personas que no carecen de servicio de alcantarillado en México: 22.9.
Porcentaje de la población rural en México con acceso al alcantarillado: 37.9.
Porcentaje de aguas residuales captadas en los centros urbanos que es tratada: 27.6.
Porcentaje de agua para abastecimiento público que se pierde en fugas: entre 30 y 50.
Número de veces en que la contaminación de agua que genera la industria supera a la contaminación de 100 millones de habitantes: 3.
Presas en México: 4000.
Grandes presas en México: 667.
Porcentaje de la disponibilidad natural de agua que se aprovecha con esa infraestructura en presas: 15.
Porcentaje de los cuerpos de agua en México que presentan algún signo de contaminación: 70.

Fuente: Comisión Nacional del Agua

¹¹ Libro "Agua, medio ambiente y sociedad, hacia la gestión de los recursos hídricos en México", <http://www.biosferamexico.org/geomosaico/2009/07/07/datos-del-agua-en-mexico/>.

CAPÍTULO 1 EL AGUA PROBLEMÁTICA MUNDIAL

El artículo 27 de la Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos establece que son propiedad de la nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y término que fije el derecho internacional, las aguas marinas interiores, las de las lagunas y esteros que se comunican al mar, las de los lagos interiores, las de los ríos y sus afluentes, las de los lagos, lagunas o esteros, las de los manantiales, etc.

Continuación Tabla 1.3 Datos y cifras sobre el agua en México y el mundo¹²

Número de acuíferos, de los 653 identificados en México, que están sobreexplotados: 102.
Número de acuíferos sobreexplotados en 1975: 32.
Lugar que ocupa México, de un total de 122 países, en lo que se refiere a la calidad del agua: 106.
Porcentaje de agua de buena calidad en los acuíferos: 80.
Porcentaje de las aguas superficiales de México que son de calidad aceptable: 27.
Porcentaje de esas aguas superficiales que tienen tal nivel de contaminación que es imposible darle algún uso directo: 24.

Fuente: Comisión Nacional del Agua.

En la Ley de Aguas Nacionales se contemplan las normas a cumplirse en materia de recursos hidráulicos establecidos en el artículo 27 de la constitución, tiene por objeto regularla explotación, uso y aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su calidad.

¹² Libro "Agua, medio ambiente y sociedad, hacia la gestión de los recursos hídricos en México", <http://www.biosferamexico.org/geomosaico/2009/07/07/datos-del-agua-en-mexico/>.

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

2.1 Antecedentes

Antes de iniciar cualquier proyecto de tratamiento de aguas residuales es de suma importancia entender las características físicas, químicas y biológicas de las mismas.

El objetivo del presente capítulo es el de informar sobre los diferentes constituyentes de las aguas residuales.

Se conocen como aguas residuales a las aguas que son el resultado de diferentes usos como el doméstico, el comercial, el industrial, también conocidas como aguas servidas, aguas cloacales o aguas negras, son residuales porque contienen residuos de otras actividades que se incorporaron por haberlas utilizado previamente.

La eliminación de los desechos líquidos como se conoce y practica actualmente, con sistemas de tuberías y plantas tratadoras de agua, se remonta a 1800. Los desagües de la antigüedad, en la India, Roma y otros lugares, estaban diseñados principalmente para recoger el agua de las lluvias o drenar pantanos. Posteriormente en la edad media los desagües iban por zanjas a través de las calles. Los habitantes tiraban los desperdicios y desechos humanos simplemente arrojándolos por la ventana hacia la calle. Por esta y otra razones en esta época eran comunes las enfermedades epidémicas. Sin embargo aun hoy en día en lugares con poco desarrollo se siguen empleando éste tipo de desagües a cielo abierto, trayendo como consecuencia enfermedades entre la población.

En algunos lugares del lejano oriente es práctica común que por las noches personas dedicadas a la recolección de desperdicios, los recoja en las casas. En lugares como China y Japón, los desechos se utilizan como fertilizantes. Cabe mencionar que las autoridades sanitarias están en desacuerdo con esta práctica, ya que estos desechos deben de tratarse previamente para eliminar microorganismos que pueden afectar la salud de las personas que consuman productos fertilizados con los desechos.

En los sistemas de alcantarillado que prefiere la mayoría de los ingenieros y personas relacionadas con el tratamiento de agua se requieren dos clases de cloacas. Una recoge los desperdicios líquidos, y otra, el agua de lluvia. El desagüe sanitario requiere un cuidadoso y profundo tratamiento; el agua de lluvia, un tratamiento menor, aunque alguno necesita, porque gran cantidad de elementos contaminantes de las calles van a parar a las alcantarillas.

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

Desgraciadamente, muchos sistemas de cloacas, particularmente en las ciudades viejas, tienen lo que se llama desagües “combinados”. En ellos cada cañería lleva agua de lluvia y desechos. La planta de tratamiento, sin embargo, esta generalmente proyectada para recibir solo el volumen de residuos líquidos que fluye en condiciones normales. Sería muy costoso construir una planta suficientemente para tratarla enorme cantidad de agua de tormenta recibida inmediatamente después de fuertes lluvias. En tales circunstancias, mucha agua queda sin tratar. En un momento dado, los funcionarios sanitarios pensaron que la de lluvia diluiría suficientemente las aguas residuales y no habría problemas de contaminación. Sin embargo, hoy sabemos que no es así, especialmente al comienzo de una tormenta, cuando la lluvia arrastra muchos sólidos contaminantes que se han asentado en el fondo de la cloaca. Este primer derrame, como se le denomina, puede ser incluso más contaminador que el desagüe sanitario.

2.2 FUENTES DE AGUAS RESIDUALES

2.2.1 Agua residuales domésticas¹³.

El agua residual doméstica está constituida principalmente por diferentes compuestos orgánicos: proteínas, carbohidratos, grasas animales, aceites y grasas minerales, agentes tensoactivos, cloruros, compuestos alcalinos, nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno, metano, sulfato de hidrógeno, entre otros.

¹³ Metcalf y Eddy. (1981). “Tratamiento y depuración de las aguas residuales” Segunda Edición. España. Editorial Labor S.A. 837p.

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

Los sólidos domésticos incluyen los que provienen de inodoros, baños, lavaderos, trituradores de basura y detergentes. La siguiente tabla indica los datos típicos sobre cantidades diarias por persona de material sólido seco procedente de esta fuente¹⁴.

Tabla 2.1¹⁵. Datos Típicos

Componente	Peso seco, gramos/habitante y día
Agua de suministro y agua subterránea, que se supone tiene poca dureza	12.7
Heces (sólidos, 23%)	20.5
Orina (sólidos, 3.7%)	43.3
Inodoros (incluyendo papel)	20.0
Pilas, baños, lavaderos y otras fuentes de agua doméstica de lavado	86,5
Basura del suelo	30.0

Fuente: Metcalf y Eddy.

Los sólidos totales, pueden clasificarse como sólidos suspendidos o filtrables. Por lo general el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente una micra (μm); la fracción de los sólidos suspendidos incluyen los sólidos sedimentables que se depositarán en el fondo de un recipiente en forma de cono (llamado cono Imhoff) durante un periodo de 60 minutos. Los sólidos sedimentables son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminara durante la sedimentación. La fracción de sólidos filtrables se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y $1 \mu\text{m}$. Los sólidos disueltos se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en disolución verdadera en el agua.

La fracción coloidal no puede eliminarse por sedimentación. Por lo general se requiere de coagulación u oxidación biológica seguida de sedimentación para eliminar estas partículas de la suspensión.¹⁶

¹⁴ Metcalf y Eddy. (1981). "Tratamiento y depuración de las aguas residuales" Segunda Edición. España. Editorial Labor S.A. 837p.

¹⁵ Ídem

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

En el agua residual de media intensidad, un 75% de los sólidos suspendidos y un 40% de los sólidos filtrables son orgánicos. Los compuestos orgánicos están constituidos generalmente por la combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, algunas veces nitrógeno. Otros elementos como azufre, hierro y fósforo pueden también estar presentes.

Los principales compuestos orgánicos contenidos en el agua residual son las proteínas con un 40 a 60%, carbohidratos con un 25 a 50% aproximadamente, y grasas y aceites con un 10%.

La urea, constituyente de la orina, es otro importante compuesto orgánico del agua residual.

Los agentes tensoactivos son sustancias solubles en agua que causan espumas (Detergentes, jabones, etc.). Durante la aereación¹⁷ del agua residual estos agentes se acumulan en la superficie de las burbujas causando espuma.

Esta espuma puede causar problemas en los efluentes en donde se vierten ya que al impedir el paso de los rayos solares a través del agua impiden la formación de vida en el fondo de los ríos y lagos, reduciendo la concentración de fitoplancton, organismos que sirven de alimento para peces y otros animales marinos. Esto se reduce con el uso de detergentes biodegradables, los cuales son amigables con el medio ambiente.

2.2.2 Aguas residuales industriales.

Las aguas de descargas industriales dependiendo del giro de la empresa contienen colores orgánicos, así como compuestos metálicos los cuales le dan al agua una gran cantidad de colores, proteínas, carbohidratos, grasas animales, aceites y grasas minerales, agentes tensoactivos, fenoles, hidrógeno (pH), cloruros, fósforo, compuestos tóxicos, metales pesados.

Los fenoles y otros compuestos orgánicos son importantes constituyentes de este tipo de agua, causan problemas de sabor en el agua cuando esta clorada.

¹⁶ Metcalf y Eddy. (1981). "Tratamiento y depuración de las aguas residuales"
Segunda Edición. España. Editorial Labor S.A. 837p.

¹⁷idem

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

2.2.3 Aguas residuales agrícolas.

Las aguas residuales agrícolas están constituidas principalmente por pesticidas, herbicidas, nitrógeno, etc.

Los compuestos orgánicos que se encuentran a nivel de trazas¹⁸ como pesticidas, herbicidas y otros productos químicos usados en la agricultura, son tóxicos para algunas formas de vida, y por tanto son contaminantes peligrosos de las aguas con las que tienen contacto, se introducen en las aguas superficiales a través de las corrientes que se forman por el agua de lluvia en los campos en donde son utilizados, contaminando los lagos y ríos en donde se descargan matando a la flora y fauna de los mismos

2.2.4 Aguas de lluvia

El agua al caer en forma de lluvia se impregna con diferentes gases contenidos en el aire, al caer arrastra y se mezcla con diversas sustancias del suelo, es por ello que para poder utilizarla en otras actividades primero es necesario quitar estas impurezas, esto se logra por medio de diferentes procesos que pueden ser filtros de sedimentos los cuales eliminan sólidos en suspensión, basura, hojas, arena, arcilla, barro etc.

2.3 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento adecuado de aguas residuales es un proceso complejo, que demanda un esfuerzo considerable para evaluar las necesidades de depuración. Para lograr lo anterior es necesario conocer y medir los diferentes tipos de contaminantes ya sean físicos, químicos y biológicos, para tal propósito se han creado diferentes parámetros como son: la cantidad de sólidos o Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial Hidrógeno (pH), etc. Los cuales son necesarios para evaluar la calidad final del agua y el uso que se le dará al agua tratada.

Cuando hablamos de depuración nos referimos a procesos que involucran la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos residuales arrastrados por el agua.

¹⁸ Trazas.- significa que hay una cantidad de material determinado, pero es tan pequeño que no vale la pena medirlo.

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

Este término ha cobrado importancia debido a que actualmente el mundo sufre cada vez más por la falta de agua adecuada para satisfacer sus necesidades.

Las estaciones depuradoras tiene la función de:

1. Eliminación de desperdicios, grasas y aceites flotantes, arenas y todos los elementos más gruesos que pueda contener el agua.
2. Eliminación de materiales decantables.
3. Eliminación de material biodegradable contenido en el agua.
4. Estabilización y disposición de lodos extraídos durante el proceso.

La depuración consta de tres fases:

- Primaria.- Elimina los sólidos en suspensión y materia inorgánica.
- Secundaria.- Reduce el contenido de materia orgánica.
- Terciaria.- Indispensable cuando el agua va a ser reutilizada, elimina un 99% de los sólidos, emplea procesos químicos para eliminar las impurezas.

La depuración de aguas residuales tiene como resultado principal el agua depurada o tratada que se incorporara al cauce de los ríos, lagos etc. Pero durante este proceso se formaran subproductos como lodos o fangos que contiene gran cantidad de materia orgánica, estos subproductos se podrán utilizar para proporcionar elementos nutrientes a las plantas o fertilizarlas con lo que podremos decir que es un ciclo ecológico.

En el tercer capítulo se estudiarán más a detalle las fases de las que se compone el proceso de purificación que en lo sucesivo se llamara tratamiento de aguas o proceso de potabilización.

CAPÍTULO 2 AGUAS RESIDUALES CARACTERÍSTICAS Y CONSTITUYENTES

2.4 Normatividad en México

2.4.1 Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996¹⁹, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

2.4.2 Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996²⁰, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

2.4.3 Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1996²¹, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

¹⁹ Norma Oficial Mexicana, (Junio 2002), NOM-001-ECOL1996. Comisión Nacional del Agua, 74 p.

²⁰ Ídem

²¹ Ídem

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.1 Generalidades

El objetivo de cualquier tipo de tratamiento que se dé al agua es el de mejorar su calidad tanto física como química y hacerla inocua para los seres humanos, esto sin importar de donde provenga ya sea ríos, lagos, pozos, lluvia, etc. Ya que contienen en algún grado contaminación.

Debe cumplir con tres características principales que son:

- a) Higiene.- Debe ser lo suficientemente limpia para ser consumida por los seres humanos, esto es debe estar libre de parásitos u otros organismos que puedan provocar enfermedades, debe tener la cantidad adecuada de minerales para no afectar la salud.
- b) Estético.- Debe ser incolora, insípida y no debe tener olor, es decir debe ser agradable a la vista de los consumidores.
- c) Económico.- Se deben eliminar los minerales que ocasionan exceso de dureza ya que esto trae como consecuencia que se use en mayor cantidad detergentes y jabones para realizar su función, así como el aumento de incrustaciones en las tuberías y demás equipos en donde se utilice.

Cada planta de tratamiento tiene sus propias características dependiendo del agua que será tratada en ella. El agua potable requiere un tratamiento más amplio ya que se utiliza para el consumo humano y requiere desinfección obligatoria para inocular los organismos patógenos que en ella se encuentran.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

Las diferentes fases en que consiste el proceso de potabilización son las siguientes según Francisco Unda Opazo²² son:

- 1) Fuente de abastecimiento;
- 2) Captación;
- 3) Medidor de gasto;
- 4) Desarenador;
- 5) Predecantador o predecantador previa coagulación;
- 6) Aereación;
- 7) Coagulación (dosificador de sustancia químicas, mezcla o difusión y floculación);
- 8) Sedimentación;
- 9) Filtros de arena (lentos, rápidos y a presión);
- 10) Ablandamiento;
- 11) Estabilización del agua;
- 12) Desinfección del agua-cloración (yodación);
- 13) Control de olor y sabor;
- 14) Fluoración;
- 15) Remoción de hierro y manganeso

3.2 Fuentes de abastecimiento

Dos condiciones son necesarias para conformar una buena fuente de abastecimiento y son:

Capacidad de suministro: son los lugares de donde se puede extraer el líquido para su tratamiento y pueden ser ríos, pozos, lagos, etc.

Condiciones sanitarias: el agua extraída de cualquier fuente debe cumplir con ciertas condiciones sanitarias, debe estar protegida contra la contaminación de desechos humanos e industriales y se debe monitorear constantemente para asegurar su calidad.

²² Unda Opazo, Francisco. (2000), Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. 4 Reimpresión, Noriega-Limusa. p119.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

La siguiente tabla nos indica la acción de las diferentes fases del tratamiento de agua para consumo de los seres humanos.

Tabla 3.1 Acción de las diferentes etapas del tratamiento del agua para consumo público²³

Atributo (a)	Aereación (b)	Sedimentación sin coagulación (c)	Filtración Lenta (d)	Coagulación y Sedimentación (e)	Coagulación, Sedimentación, Filtración Rápida (f)	Ablandamiento y Filtración (g)	Desinfección (h)
Bacteria	0	++	++++	+++	++++	(+++)(8)	++++
Color	0	0	++	+++	++++	(++++)	++(3)
Turbiedad	0	++	++++(1)	+++	++++	(++++)	0
Olor y Sabor	++(2)	+ -(10)	++	+	(++)	(++)	++++(3) --(9)
Dureza	+	0	0	--(4)	--(4)	++++	0
Corrosión	+++ (5) --(6)	0	0	--(7)	--(7)	Variable +(12)	0
Hierro y Manganeso	+++	+	++++(11)	+(11)	++++(11)	(+++)	0

Fuente: ¹ Unda Opazo

Signos convencionales:	Favorable	Adverso
Muy	++++	----
Bastante	+++	---
Medianamente	++	--
Escasamente	+	-

El 0 significa que la etapa individualizada no tiene efecto sobre el atributo indicado, y el () representa un efecto indirecto.

- (1) Los filtros se colman rápidamente.
- (2) Excepto olores debido al clorofenol.
- (3) Supercloración seguida de descloración.
- (4) Coagulación con sulfato de aluminio convierte la dureza de carbonatos en dureza de sulfatos.
- (5) Removiendo el CO₂.
- (6) Agregando oxígeno.
- (7) La reacción del sulfato de aluminio con la alcalinidad del agua produce CO₂.
- (8) Exceso de cal.
- (9) Cloración normal en presencia de fenol.
- (10) Por crecimiento de algas o descomposición del sedimento.
- (11) Después de aereación o supercloración.
- (12) Algunos metales son atacados a pesar del alto pH.

²³ Ibídem, p121.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.3 Captación

De ser posible la captación del agua debe hacerse en forma gravitacional, para aprovechar las diferencias de nivel en los terrenos, de no ser posible se utilizarán bombas para captar el agua para tratamiento.

3.4 Medidor de gasto

Es de suma importancia conocer la cantidad de agua a ser tratada, para ello existen diferentes medidores de gasto, uno de los más utilizados es el medidor Venturi y consiste en un tubo conectado a la cañería que se desea medir, unido a una sección cilíndrica, que a su vez se conecta a otro tubo divergente de ángulo inferior para evitar turbulencia, en la sección cilíndrica y en la entrada del Venturi se conectan tubos piezométricos cuya diferencia de altura nos indica el gasto.

3.5 Desarenador

Tiene la función en el proceso de tratamiento de agua de eliminar las partículas de grava y arena fina que lleva el agua y consiste en un canal o estanque que reduce la velocidad de entrada del agua, esto permite la sedimentación de las partículas finas, las cuales posteriormente serán eliminadas por una canaleta de drenaje dispuesta en el fondo del estanque.

3.6 Predecantadores

Cuando el agua es muy turbia requiere una clarificación, a fin de no colmar las fases siguientes del proceso, es para esto que se utilizan los Predecantadores que normalmente son de forma rectangular y retendrán el agua por un periodo de 1.5 a 2 horas dependiendo del nivel de turbidez.

Cuando la turbidez es excesiva se utilizará un coagulador previo.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.7 Aereación

El objetivo fundamental de la aereación es la remover el olor y sabor del agua que se debe principalmente a las algas, minerales y descomposición de materia orgánica que se encuentran en ella.

Se puede utilizar oxígeno para oxidar materia orgánica y precipitar hierro y manganeso presente en el agua y así mejorar el sabor del agua, o también se puede utilizar ozono el cual tiene un poder desinfectante.

Existe varios tipos de aereadores entre los que se encuentran los aereadores naturales y consisten en diferencias de nivel como caídas de agua etc., los aereadores de inyección o difusión en los cuales el aire es inyectado en fondo del estanque, también hay un tipo de aereador conocido como Aer-o-mix el cual mezcla sustancia químicas, este es un sistema patentado.

3.8 Coagulación.

El objeto de la coagulación es el de juntar partículas muy finas o coloidales en partículas mas grandes para facilitar la sedimentación mediante el empleo de sustancias químicas conocidas como coagulantes las cuales se agregan para mezclarse con el agua, posteriormente se pasa a la fase de floculación en donde el agua se agita en forma lenta por un largo periodo, en este fase las partículas finas o coloidales se agrupan en unas más grandes que son sedimentables.

Los principales coagulantes que se utilizan son las sales de aluminio o hierro también llamados alumbres, el más conocido y usado es el sulfato de aluminio.

Hay diverso factores que intervienen en la coagulación entre los cuales se encuentran la clase y cantidad de coagulante, el color y turbiedad del agua, los compuestos químicos que se encuentren en ella, el pH, el tiempo de mezcla y floculación, la temperatura del agua y la violencia de agitación entre otros.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.9 Sedimentación.

La sedimentación basa su funcionamiento en la atracción gravitacional que se ejerce sobre los objetos pesados suspendidos en el agua y su finalidad es agrupar dichos objetos para su posterior eliminación del agua.

Puede ser afectada por los siguientes factores: cantidad de estanques, longitud, profundidad y altura de los mismos, velocidad del flujo, etc.

La siguiente tabla nos indica los valores de sedimentación de diferentes partículas.

Tabla 3.2 Velocidades de sedimentación de partículas en el agua ²⁴

Diámetro de la partícula, mm	Orden de magnitud ²	Velocidad de sedimentación mm/seg.	Tiempo requerido para sedimentar 0.304 m (1 pie)
10.0	Grava	1,000	0.3 segundos
1.0	Arena gruesa	100	3.0 segundos
0.8	Arena gruesa	83	
0.6	Arena gruesa	63	
0.5	Arena gruesa	53	
0.4	Arena gruesa	42	
0.3	Arena gruesa	32	
0.2	Arena gruesa	21	
0.15	Arena gruesa	15	
0.10	Arena fina	8	38.0 minutos
0.08	Arena fina	6	
0.06	Arena fina	3.8	
0.05	Arena fina	2.9	
0.04	Arena fina	2.1	
0.03	Arena fina	1.3	

Fuente: Unda Opazo

²⁴ Unda Opazo, Francisco. (2000), Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. 4 Reimpresión, Noriega-Limusa. p141.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

La sedimentación se rige por la ley de Stokes la cual dice que las partículas sedimentan más fácilmente cuando mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuando menor es la viscosidad del mismo. Por ello, cuando se quiere favorecer la sedimentación se trata de aumentar el diámetro de las partículas, haciendo que se agreguen unas a otras, proceso denominado coagulación y floculación²⁵.

Tabla 3.2 Velocidades de sedimentación de partículas en el agua ²⁶

0.02	Arena fina	0.62	
0.015	Arena fina	0.35	
0.010	Limo	0.154	33.0 minutos
0.008	Limo	0.098	
0.006	Limo	0.065	
0.005	Limo	0.0385	
0.004	Limo	0.0247	
0.003	Limo	0.0138	
0.002	Limo	0.0062	
0.0015	Limo	0.0035	
0.001	Bacteria	0.00154	35.0 horas
0.0001	Partícula de arcilla	0.0000154	230.0 días
0.00001	Partícula coloidal	0.000000154	63.0 años

Fuente: Unda Opazo

¹ Temperatura, 10° C. (50°F.). Valores de las partículas comprendidas entre 10 y 0.1 mm, obtenidos de los experimentos de Hazen; entre 0.02 y 0.00001 mm calculados por la fórmula de Wiley. Valores intermedios interpolados.

² El orden de magnitud corresponde sólo a una expresión comparativa. Peso específico considerado para arena y limo:

$$2.65 \frac{gr}{cm^3}$$

²⁵ <http://es.wikipedia.org>

²⁶ Unda Opazo, Francisco. (2000), Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. 4 Reimpresión, Noriega-Limusa, p 141.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.10 Filtración

Procedimiento por medio del cual se hace pasar una sustancia a través de un material poroso, en este caso se utiliza la arena, que tiene la función de detener las partículas mayores a la medida del poro, puede ser natural, es el proceso de recarga de los mantos acuíferos, el agua de lluvia pasa a través de la tierra, o artificial que se utiliza en diferentes sistemas caseros o patentados, pueden ser filtros lentos de arena, filtros rápidos y sistemas a presión.

Los problemas principales en la operación de un filtro están asociadas con el mantenimiento de la cama del filtro en buenas condiciones. La limpieza inadecuada deja una capa de suciedad alrededor de cada grano del medio.

3.9.1 Filtros lentos de arena.- Se utilizan para tratar aguas levemente turbias y generalmente sin un proceso de coagulación previo. Consisten en una capa de arena de 60 centímetros a un 1 metro de espesor la cual esta soportada por una capa de grava de 30 a 40 centímetros, a través de la cual se ubica el sistema colector de agua filtrada.

Tienen un alto rendimiento reteniendo bacterias y eliminan el olor y sabor debido a su actividad biológica. Desafortunadamente requieren grandes extensiones de terreno para filtrar cierta cantidad de agua y es por esto que se están sustituyendo por los filtros rápidos de arena.

3.9.2 Filtros rápidos de arena.- Requieren de un proceso previo de coagulación y sedimentación, generalmente son contruidos de hormigón contienen una capa de arena de 60 a 65 centímetros de espesor soportada por grava en donde se ubica el sistema de drenaje. La tasa de filtración del filtro rápido es mayor y es por esto que se obstruye más rápidamente. La filtración rápida mejora la calidad del agua, reduce la turbiedad, las bacterias y los parásitos además de eliminar el olor, color y sabor.

3.9.3 Filtros a presión.- El principio de funcionamiento es el mismo que el de los filtros lentos y rápidos de arena sin embargo en los filtros a presión como su nombre lo dice el agua pasa a presión a través de la arena es por ello que se construyen generalmente en recipientes de acero en forma de cilindro. Funcionan sin sedimentación previa, no son recomendables para aguas de consumo doméstico.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.11 Ablandamiento del agua.

El agua pluvial en su camino hacia la superficie de la tierra adquiere gases como bióxido de carbono y oxígeno, y al caer disuelve compuestos que pueden contener magnesio y calcio que aumentan la dureza del agua. Cuanto mayor es la dureza del agua mayor será la cantidad de jabón que se utilizará para las diferentes operaciones de limpieza, así como las incrustaciones en las tuberías.

3.12 Estabilización del agua.

Su finalidad es evitar corrosión e incrustaciones provocadas por los compuestos contenidos en el agua, utiliza varios métodos de control entre los que se encuentran la regulación del pH, el tratamiento con polifosfatos y silicatos, protección catódica, control bacteriano, remoción de oxígeno disuelto y tratamiento por contacto a través de lechos de piedra caliza o mármol. Estos métodos convierten los compuestos químicos o biológicos que se usaron previamente en sustancia menos dañinas y menos incrustantes.

3.13 Desinfección del agua-cloración.

La desinfección es el principal objetivo en el tratamiento del agua potable, es empleado para destruir los distintos organismos productores de enfermedades que se encuentran en el agua, consiste en aplicar sustancias generalmente cloro aunque también se está empleando cada vez más el ozono.

Algunas de las ventajas del cloro como desinfectante son su bajo costo, fácil aplicación, no tienen efectos secundarios si se aplica en la cantidad adecuada para consumo humano y acción efectiva. El cloro se puede aplicar en cualquier etapa del proceso de potabilización, la precloración reduce el olor y el sabor en el agua, además de mejorar la coagulación y retarda la descomposición de lodos en los estanques de sedimentación, controla el crecimiento de algas y reduce la concentración de microbios en los filtros.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

Sin embargo tiene efectos en el hombre si no se tiene las debidas precauciones, puede irritar la garganta, la nariz y los pulmones, incluso en suficiente concentración pueden causar la muerte. A continuación se anexa una tabla que señala los efectos del cloro²⁷

Tabla 3.3 Efectos que ocasiona el gas cloro en el hombre ²⁸

Efecto	p.p.m. de cloro en el aire
Apenas percibido	3.5
Produce irritación en la garganta	15.1
Produce tos	30.2
Peligroso por 30 minutos de exposición	40 – 60
Fatal por corta exposición	1,000 (0.1%)

Fuente: Unda Opazo

La eficacia del cloro dependerá de la naturaleza de los organismos que ha de desactivar, la cantidad de tales organismos, el tiempo de contacto entre el cloro y los organismos, la concentración del cloro, la temperatura del agua, el pH y el tipo de agua que se tratará.

El *cloro residual* es la cantidad necesaria de cloro para garantizar la calidad bacteriológica del agua.

“La demanda de cloro de las aguas negras depende de su concentración y superficialidad; más para los efectos antes indicados se pueden aceptar las siguientes demandas”²⁹:

Tabla 3.4 Demanda de cloro en aguas negras ³⁰

Agua negra cruda para el control de olor	10.0 p.p.m.
Agua negra sedimentada	8.0 p.p.m.
Efluente del estanque séptico	5.0 p.p.m.
Efluente de los filtros percoladores	4.0 p.p.m.
Efluente del estanque Imhoff	4.0 p.p.m.
Efluente del tratamiento por proceso de barros activados	3.0 p.p.m.

Fuente: ¹ Unda Opazo

²⁷ Unda Opazo, Francisco. (2000), Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. 4 Reimpresión, Noriega-Limusa, p 175.

²⁸ Ibídem, p141.

²⁹ Ibídem, p 183.

³⁰ Ibídem, p141.

CAPÍTULO 3 TRATAMIENTO DE AGUA

3.14 Control de olor y sabor.

Los principales causantes de olor, sabor y color desagradables en el agua se agrupan en naturales y los que provocan el contacto humano.

- a) Causas naturales.- Están incluidas en esta causa las algas, hojas, pasto, vegetación en descomposición
- b) Causas de contacto humano.- Las aguas negras y residuos de la industria son los principales causantes.

Hay dos métodos básicos para el control del olor: a) método preventivo, y b) método correctivo.

El método preventivo utiliza cloro, sulfato de cobre y carbón activado para evitar el crecimiento excesivo de la flora y la fauna en las represas, la limpieza continua de los estanques de sedimentación.

El método correctivo utiliza aereación, coagulación, carbón activado y cloro en combinación con amoníaco, ozono y dióxido de cloro para el control del exceso de flora y fauna causante de olor y sabor.

3.15 Fluoración.

Esta etapa se basa en la necesidad de flúor sobre la dentadura, especialmente en los niños que necesitan cierta cantidad de este elemento para la adecuada formación de sus dientes, así como evitar la formación de caries en las personas.

3.16 Eliminación de hierro y manganeso del agua.

El hierro y el manganeso no causan problemas de salud, sin embargo dan al agua color, olor y sabor desagradables, así como manchas en la ropa que se lava con el agua que las contiene, la acumulación de estos elementos en las tuberías provoca incrustaciones.

Se eliminan a través de los proceso de ablandamiento por cal, oxidación e intercambio de base.

CAPÍTULO 4 BOMBEO

4.1 Antecedentes

La necesidad de transportar el agua desde el suministro hasta el punto en que será utilizada si no se cuenta con un desnivel natural apropiado para tener una caída de agua por gravedad es una tarea que debe realizar una bomba ya sea de desplazamiento positivo o centrífuga.

Una bomba es un dispositivo que se encarga de dar movimiento a un impulsor o émbolo dependiendo del tipo de bomba para producir movimiento y así crear un flujo de agua.

“La selección de la bomba adecuada para cualquier aplicación entre la multitud de estilos, tipos y tamaños puede ser difícil para el usuario o el encargado del proyecto. El mejor método es hacer investigaciones preliminares, llegar a decisiones básicas y selecciones preliminares y analizar la aplicación con el proveedor de la bomba”³¹

4.2 Tipos de bombas y aplicaciones.

La clave para seleccionar la bomba correcta esta en conocer el sistema o sistemas que dependerán de la misma. Se podría hacer una selección errónea por no investigar suficiente los requisitos mínimos para que el sistema trabaje correctamente ni el rendimiento de la bomba.

Es por esto que la primera regla para la selección adecuada de la bomba es tener el mayor conocimiento del sistema en donde trabajara la bomba. En el mercado existen una gran variedad de bombas para las múltiples aplicaciones

4.2.1 Bombas de desplazamiento positivo.- “Técnicamente su presión es ilimitada e independiente del caudal, son adecuadas para el bombeo a alta presión, son autocebantes dado que el vacío que genera la aspiración es suficiente para llenar la cámara, presentan buen rendimiento a altas presiones”³²

³¹ McNaughton, Kenneth J. (1992). Bombas, Selección, uso y mantenimiento. México. Mc Graw Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. p3.

³² <http://www.scribd.com/doc/12786162/Maquinas-hidraulicas>

CAPÍTULO 4 BOMBEO

4.2.1.1 Bombas recíprocante.- Producen el bombeo gracias a un movimiento recíprocante (vaivén) de uno o varios pistones por eso también son bombas de desplazamiento positivo. Tiene la particularidad de producir un flujo pulsante en función del movimiento del o los pistones o émbolos.

4.2.1.1.1 Bombas de pistón o émbolo.- Están formadas por un pistón que gracias a la acción de un mecanismo de biela-manivela, desliza en el interior de un cilindro, en ellas una válvula de entrada (aspiración) y otra de salida (impulsión) regulan el flujo del fluido, debido a lo cual representan un coste elevado.³³

4.2.1.1.1 Bombas de diafragma.- La variación del volumen se genera por medio de la deformación del diafragma que crea la cámara. La presencia del diafragma hace que su carrera sea corta por lo que su rendimiento es bajo, aunque tiene buenas características de aspiración³⁴.

4.2.1.2 Bombas rotatorias.- El órgano desplazador traslada el fluido desde la aspiración hasta la impulsión mediante un movimiento rotativo en tres fases: se llenan y cierran las cámaras de bombeo, se traslada el líquido de la aspiración a la impulsión y se desaloja el líquido.

4.2.1.2.1 Bombas de lóbulos.- Están formadas por dos engranajes de forma lobular que se mueven sincronizados para transportar el fluido. De este modo se elimina el arrastre por fricción eliminando el desgaste y permitiendo el empleo de fluidos no lubricantes³⁵

4.2.2 Bombas dinámicas.- Son aquellas bombas cuya finalidad es agregarle al fluido movimiento por medio de alabes móviles que giran y están en contacto con el fluido.

4.2.2.1 Bombas centrífugas.- Pueden bombear en forma continua elevados caudales aunque a presiones no muy altas, tienen menos partes móviles con lo que su construcción mecánica es más simple y los desgastes son menores (menos mantenimiento), presentan una mayor potencia específica, es decir a igual potencia pesan menos y ocupan un volumen menor, el flujo es continuo con lo que no es necesaria la existencia de depósitos de regulación, no

³³ <http://www.scribd.com/doc/12786162/Maquinas-hidraulicas>

³⁴ Ídem

³⁵ Ídem

CAPÍTULO 4 BOMBEO

Presentan fuerzas de inercia descompensadas si el rotor está equilibrado, lo que provocaría vibraciones, no presentan contaminación del fluido.³⁶

En bombas centrífugas normales, instaladas al nivel del mar y con fluido a temperatura ambiente, no puede ser mayor que 8 metros de columna del agua (8 m.c.a.).

4.2.2.2 Bombas periféricas.- También conocidas como bombas tipo turbina, de vértice y regenerativas, en ellas se producen remolinos en el líquido a través de alabes que giran a muy alta velocidad dentro del canal en donde gira el impulsor. El líquido recibe impulsos de energía.

4.2.2.3. Bombas electromagnéticas.- Estas solo pueden transportar fluidos que son Buenos conductores de electricidad. El tubo que transporta el líquido se coloca en un campo magnético y una corriente pasa a través del fluido, de modo que sea sometido a una fuerza electromagnética en la dirección del flujo. La corriente y el campo se pueden producir en varias formas.

4.3 Características de la bomba.

4.3.1 Capacidad.- Se refiere al volumen del fluido bombeado por unidad de tiempo. También conocido como gasto, sus unidades son el litro por minuto, metro cubico por minuto, galones por minuto o equivalentes.

4.3.2 Altura de descarga.- Se refiere a la altura a la cual puede ser bombeado un fluido se expresa en unidades de longitud de columna de agua (m.c.a.)

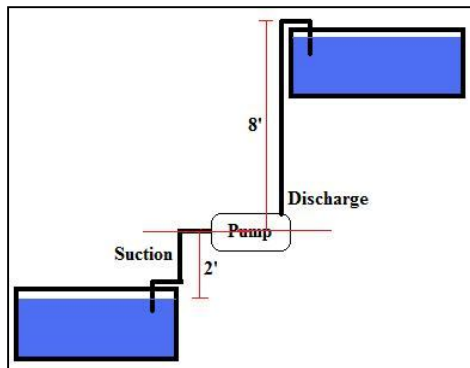
4.3.3 Altura de succión.- Es la altura desde la cual el fluido puede ser succionado por la bomba, puede ser **positiva** cuando el nivel del líquido en el deposito que se va a bombear esta por arriba de la línea de centro de la succión de la bomba o puede ser succión **negativa** cuando el nivel del líquido en el deposito que se va a bombear, esta por debajo del centro de la línea de centro de la succión de la bomba.

³⁶ <http://www.scribd.com/doc/12786162/Maquinas-hidraulicas>

CAPÍTULO 4 BOMBEO

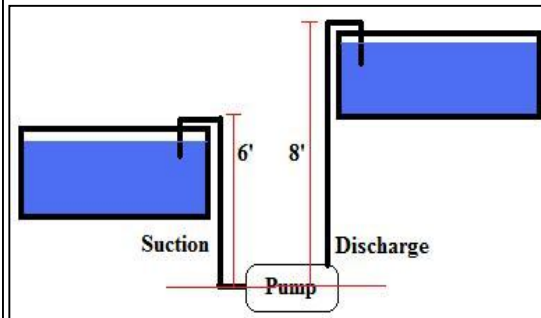
Las siguientes figuras ejemplifican los tipos de succión que puede tener un sistema de bombeo las que pueden ser succión positiva y succión negativa.

Figura 4.1 Succión negativa³⁷



Fuente: Schneider

Figura 4.2 Succión positiva³⁸



Fuente: Schneider

4.3.4 Carga dinámica total³⁹.- Altura total exigida por el sistema, cuya la bomba deberá ceder energía suficiente al fluido para vencerla. Tener en cuenta los desniveles geométricos de succión y descarga y las pérdidas de carga por fricción en las conexiones y tuberías.

CDT = Altura Succión + Altura Descarga + Pérdidas por Fricción Totales (*)

(*) Pérdida en Tuberías/Conexiones y Accesorios.

4.3.5 Carga Neta Positiva de Succión (CNPS).- Es la diferencia, en cualquier punto de la tubería hidráulica, entre la presión en ese punto y la presión de vapor del líquido en ese punto.

4.3.5.1 Carga Neta Positiva de Succión disponible (CNPS_{disp.})⁴⁰ - Presión absoluta por unidad de peso existente en la succión de la bomba (entrada del impulsor), debiendo ser superior a la presión de vapor del fluido bombeado, cuyo valor depende de las características del sistema y del fluido.

³⁷ <http://www.innovationlandscaping.com/fx5/plumbing.html>

³⁸ ídem

³⁹ www.schneider.ind.br/_slg/.../4a10ce5035beacf4ca8fddf415d7e559.doc

⁴⁰ ídem

CAPÍTULO 4 BOMBEO

4.3.5.2 Carga Neta de Positiva de Succión requerida (CNPS_{req})⁴¹ - Presión absoluta mínima por unidad de peso, deberá ser superior a presión de vapor del fluido bombeado en succión de la bomba (entrada del impulsor) para que no haya cavitación. Este valor depende de las características de la bomba y debe ser proveído por la industria;

EL CNPS_{disp} debe ser siempre mayor que el CNPS_{req} (CNPS_d > CNPS_r + 0,6)

4.3.6.- Eficiencia de la bomba.- El término eficiencia se refiere a que cualquier mecanismo en este caso la bomba no puede transformar la misma cantidad de potencia de entrada en la misma cantidad de potencia a la salida ya que siempre habrá algún tipo de pérdida ya sea hidráulica, mecánica y por fugas o volumétricas.

4.3.7.- Curva característica.-“Se emplea para la selección de la bomba adecuada a cada instalación según sus necesidades de caudal y altura total de elevación (altura manométrica) del líquido requerida. La curva característica del funcionamiento de una bomba se obtiene para un número de revoluciones fijo y viene representado en función del caudal bombeado y la altura obtenida”.⁴²

4.4 Pérdidas

Las piezas que forman la instalación hidráulica llámese tubería, codos, válvulas, tees, etc. Son las encargadas de transportar, dirigir o regular el flujo. El fluido al atravesar el componente disminuye la energía hidráulica debido a la fricción entre el fluido y las paredes sólidas o también por la disipación que se produce al cambiar de dirección, sentido o área.

Estas pérdidas están en función del caudal o velocidad del fluido, características del fluido, de la geometría del elemento y de la rugosidad del material.

⁴¹ www.schneider.ind.br/_slg/.../4a10ce5035beacf4ca8fddf415d7e559.doc

⁴² <http://www.scribd.com/doc/12786162/Maquinas-hidraulicas>

CAPÍTULO 4 BOMBEO

“La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene”⁴³.

“Pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidental o localizada, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.”⁴⁴

4.4.1 Pérdidas hidráulicas.-Son las pérdidas que existen a lo largo de la tubería y son debidas a los cambios de dirección, roce, restricciones, etc. Y disminuyen la energía útil que la bomba le da al fluido.

4.4.2 Pérdidas mecánicas.- Son las pérdidas debidas a la fricción en las partes móviles como son baleros, chumaceras, sellos, sello mecánico, etc.

4.4.3 Pérdidas por fugas.- También llamadas pérdidas volumétricas, pueden ser interiores y exteriores. Las interiores se originan cuando existe una salpicadura del fluido a la parte exterior de la bomba por mala unión entre piezas, desgaste excesivo, sellos o empaques dañados, etc. Las interiores son las pérdidas debido a las fugas entre el estator y el rotor. Causan una disminución del caudal efectivo que atraviesa la bomba.

4.5 Selección adecuada de la bomba

La mayoría de los autores de libros dedicados al bombeo coinciden en que para la selección más adecuada de la bomba se requieren conocer algunos parámetros que se mencionan a continuación:

1. Altura de succión
2. Altura de descarga
3. Longitud de tubería de succión
4. Diámetro de tubería de succión instalada
5. Longitud de la tubería de descarga y material

⁴³ http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9rdida_de_carga

⁴⁴ Ibídem

CAPÍTULO 4 BOMBEO

6. Diámetro de tubería de descarga instalada
7. Caudal requerido
8. Porcentaje de factor perdidas por fricción
9. Diámetro de tubería recomendada
10. Longitud equivalente por accesorios
11. Perdidas por fricción
12. Presión de trabajo
13. Cabeza dinámica total o carga dinámica total

4.6 Golpe de ariete.- Impacto sobre todo el sistema hidráulico causado por el retorno del agua existente en la tubería de descarga, con la parada de la bomba. Este impacto, cuando no amortiguado por válvula(s) de retención, daña tubos, conexiones y los componentes de la bomba.

4.7 Cavitación.- Fenómeno físico que ocurre en bombas centrífugas en el momento en que el fluido succionado tiene su presión reducida, llegando a valores iguales o inferiores a su presión de vapor. Con eso, se forman burbujas que son conducidas por el desplazamiento del fluido hasta el impulsor donde explotan al alcanzar nuevamente presiones elevadas. Este fenómeno ocurre en el interior de la bomba cuando el $CNPS_d$ (sistema), es menor que el $CNPS_r$ (bomba). La cavitación causa sonidos, daños y caída en el rendimiento hidráulico de las bombas.

4.8 Cebe de La bomba.- Eliminación del aire existente en el interior de la bomba y de la tubería de succión. Esta operación consiste en completar, con el fluido que será bombeado todo el interior de la bomba y de la tubería de succión, antes de la impulsión de la misma. En las bombas autocebantes solo es necesario eliminar el aire del interior de la misma, hasta 8 m.c.a. de succión, la bomba eliminará el aire de la tubería.

CAPÍTULO 4 BOMBEO

4.9 Columna de agua.- Es la unidad de medida de la presión que representa el peso de una columna de agua pura (densidad 1000kg/m^3).⁴⁵

4.10 Presión de vapor.- También llamada presión de saturación, es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada⁴⁶.

⁴⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Columna_de_agua

⁴⁶ Ídem

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 Antecedentes

Este proyecto se realizó en la ciudad de Nanchital de Lazaro Cardenas del Río, Veracruz. En la vivienda localizada en la calle Ejército Mexicano Número 7, de la Colonia Campo Nuevo.

El Objetivo, desarrollar un proyecto económico que sea capaz de tratar el agua de lluvia y el agua residual (grises) de una vivienda en la que habitan 5 personas proporcionando agua tratada adecuadamente para reusarse de forma segura en la descarga las tasas del baño, en el riego de plantas y limpieza de pisos principalmente.

Los sistemas de alcantarillado preferidos por los ingenieros y funcionarios de los diferentes organismos encargados de la colección y el tratamiento del agua es en el que independientemente se recogen las aguas de la lluvia y el agua residual de la población. Esto aunque económicamente requiere de mayor presupuesto en la concepción del proyecto de líneas y tuberías se compensa a la hora de tratar el agua ya que el agua de lluvia requiere un tratamiento menor por estar menos contaminada que el agua residual.

Desafortunadamente en la mayoría de los sistemas de drenaje de las ciudades principalmente las más viejas, ambas aguas, la residual y la de lluvia se combina en un mismo desagüe, haciendo más difícil y costoso el tratamiento. Esto se debe a que las plantas de tratamiento de agua esta diseñadas para recibir un volumen máximo de agua para tratar y al estar combinados el agua de lluvia con el desagüe de las casas, al no poder predecir el volumen del agua de lluvia que lloverá estas plantas se colapsan cuando ocurren grandes tormentas e inundaciones.

Al ocurrir esto mucha agua quedaría sin tratamiento adecuado, en un principio se pensó que el agua de lluvia diluiría el agua residual lo suficiente para poder tratar ambas, sin embargo esto no fue así, ya que las primeras lluvias arrasan con contaminantes que se encuentran en el fondo de las cañerías, que pueden ser más contaminantes que las aguas residuales, por la sedimentación que ocurre al estar el agua estancada por un largo tiempo en las cañerías.

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Afortunadamente la casa en donde se realizó el proyecto fue diseñada adecuadamente con un sistema independiente de agua de desagüe y agua de lluvia. Esto facilitó el desarrollo del proyecto.

5.2 Sistema de almacenamiento inferior y superior

En este proyecto se contempla la construcción de un aljibe con capacidad de almacenamiento para 1300 litros aproximadamente el cual contendrá el agua tratada en la parte baja de la vivienda, un tanque rotoplas® con capacidad de 1100 litros que almacenará el agua tratada en la parte alta de la vivienda para aprovechar la fuerza de la gravedad para el suministro del agua, así como también un clorador de tipo flotador para proveer la cantidad necesaria de cloro para mantener el agua desinfectada.

5.2.1 Construcción del aljibe y base de tinaco

Se planeó la construcción de un aljibe externo que tiene unas dimensiones de 1.2 mt. de altura, 1.03 mt. de longitud y 1.1 mt. de ancho, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 1300 litros aproximadamente. Se contruyó con 60 blocks del tipo macizo de 10X20X40, 7 sacos de cemento, 2 varillas de 3/8", 1 Kg de alambre recocido, 1 carretilla de grava, ½ de gravilla, 2 armex 8X8.

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.2.1 Construcción del aljibe.



Figura 5.2.2 Construcción de base para tinaco.



CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

5.3 Sistema predecantador- aereador y tanque de sedimentación y tubería de interconexión

Este sistema consiste en dos tanques los cuales tendrán la función de recibir la descarga de agua residual y agua de lluvia.

El tanque predecantador-aereador consiste en un tanque de plástico de 120 litros de capacidad de almacenamiento el cual retiene el agua de 2 a 3 horas dependiendo del flujo de agua que haya debido a la demanda en ese momento de agua. Para eliminar un poco de turbidez así como oxidar la materia orgánica contenida en la descarga de agua residual.

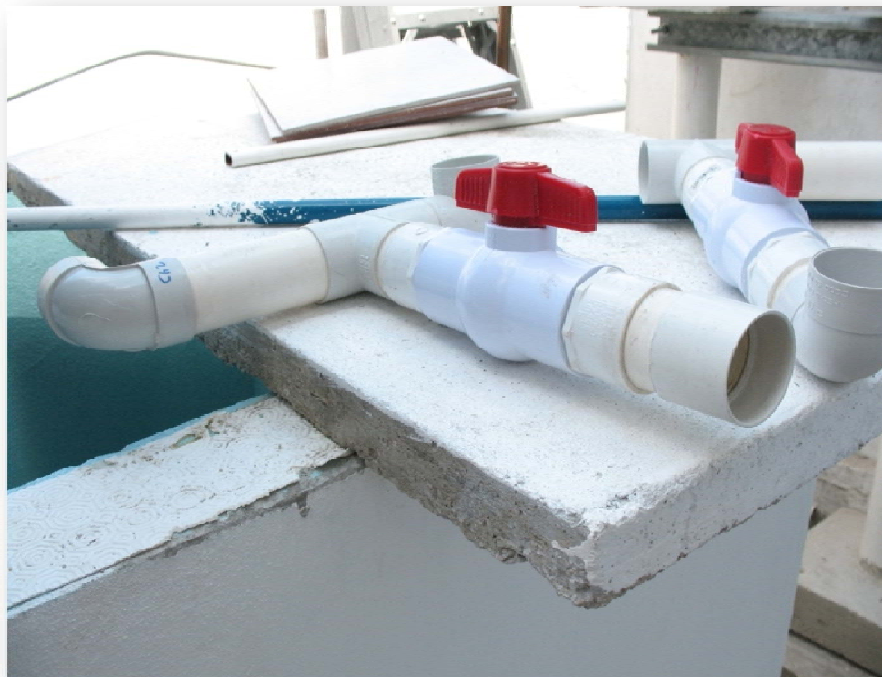
El tanque de sedimentación basa su funcionamiento en la atracción gravitacional que se ejerce sobre los objetos pesados suspendidos en el agua y su finalidad es agrupar dichos objetos para su posterior eliminación del agua, consiste en otro tanque de 120 litros de capacidad

Figura 5.3.1 Tanque para filtro predecantador-aereador



CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.3.2 Tubería utilizada para interconexión de tubería de vivienda y filtros.



5.4 Sistema de bombeo

Debido a la necesidad de transportar el agua desde la parte inferior de la vivienda hasta el punto en que será utilizada se requiere el empleo de una bomba tipo periférica.

La bomba seleccionada debido a sus características y costo relativamente bajo es una bomba periférica modelo BOAP-3/4P con una potencia de 559 watts o 3/4 H.P. corriente de 7.6 amperes, capacidad o flujo máximo de 50 litros por minuto, altura máxima de 65 metros y una profundidad máxima de succión de 8 metros⁴⁷.

Cabe mencionar que esta bomba se colocó con altura de succión positiva, por lo cual no será necesario el cebado de la bomba.

⁴⁷ www.truper.com/pdf/manuales/BOMBAS_PRETUL.pdf

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.4.1 Motobomba.



5.5 Sistema de hidráulico tubería de succión y descarga de agua tratada.

La instalación hidráulica incluye la instalación de la tubería de cobre para la succión de agua por la bomba, la instalación de la bomba, la tubería para subir el agua tratada que será de cobre de $\frac{3}{4}$ de pulgada con sus respectivas conexiones y válvulas, además de otra tubería que se conectará con los tanque de almacenamiento para la descarga de agua de las tasas de baño y a las demás salidas, la instalación de el tinaco, la aplicación de soldadura en el caso del cobre y de pegamento en el caso de el PV

En este sistema se utilizó mano de obra especializada en soldar tubería de cobre, ya que de este material se eligió la realización de la tubería encargada de transportar el agua ya tratada al tinaco para aprovechar la fuerza de gravedad en el suministro del agua.

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.5.1 Materiales utilizados en tubería de succión y descarga de agua tratada.



5.6 Sistema de filtros lentos de arena

El sistema de filtrado es el procedimiento por medio del cual se hace pasar una substancia a través de un material poroso, en este caso se utiliza la arena, que tiene la función de detener las partículas mayores a la medida del poro, pueden ser natural, es el proceso de recarga de los mantos acuíferos, el agua de lluvia pasa a través de la tierra o artificial se utilizan en diferentes sistemas caseros o patentados pueden ser filtros lentos de arena, filtros rápidos y sistemas a presión.

Los problemas principales en la operación de un filtro están asociados con el mantenimiento de la cama del filtro en buenas condiciones. La limpieza inadecuada deja una capa de suciedad alrededor de cada grano del medio.

Filtros lentos de arena.- Se utilizan para tratar aguas levemente turbias y generalmente sin un proceso de coagulación previo. Consisten en una capa de arena de 60 centímetros a un 1

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Metro de espesor la cual esta soportada por una capa de grava de 30 a 40 centímetros, a través de la cual se ubica el sistema colector de agua filtrada.

Tienen un alto rendimiento reteniendo bacterias y eliminan el olor y sabor debido a su actividad biológica. Desafortunadamente requieren grandes extensiones de terreno para filtrar cierta cantidad de agua y es por esto que se están sustituyendo por los filtros rápidos de arena.

En este caso se utilizarán tanques de almacenamiento de plástico los que se usarán como filtros lentos de arena, previamente un tanque que almacenará el agua cruda (residual) y oxidará para posteriormente decantarla en otro recipiente similar y separar los lodos.

Figura 5.6.1 Tanques utilizados como filtros lentos de arena.



CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

5.7 Sistema de suministro de agua tratada a las tomas

Consiste principalmente en la tubería encargada de proporcionar el agua tratada a los diferentes puntos en donde será utilizada como son: tanque de almacenamiento de agua para desagüe de retrete y válvulas tipo nariz de media pulgada.

En este sistema se utilizó mano de obra especializada para la realización de las conexiones, ya que se necesitó soldar piezas de cobre para acoplarlas a la ya existentes en la tubería de alimentación de los tanques de almacenamiento de los retretes

El material que se utilizó es tubería hidráulica de ½ pulgada así como sus conexiones: codos, tees, válvulas, además de la tubería de cobre de ½ pulgada y sus conexiones.

Figura 5.7.1 Tubería de conexión a retrete.



CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.7.2 Vista superior de aljibe y filtros de arena.



5.8 Proyecto terminado.

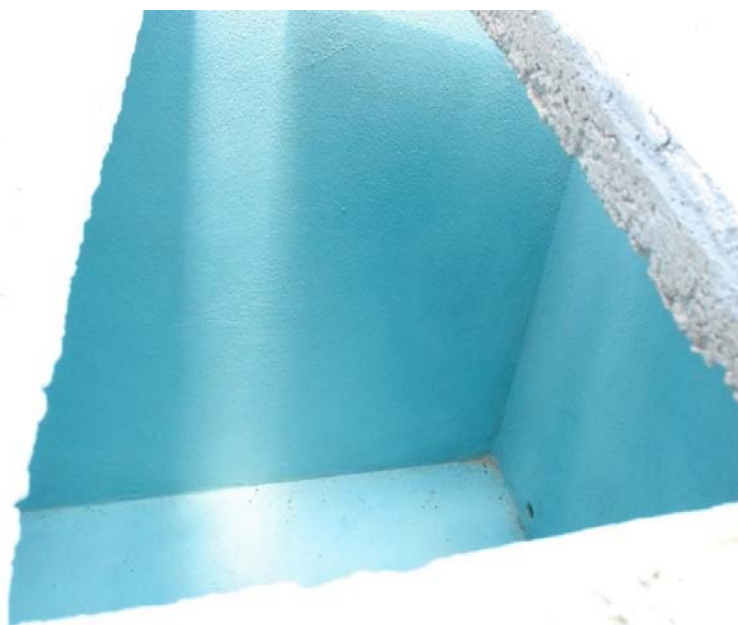
El proyecto se realizó en aproximadamente 3 semanas, lo que se llevó mas tiempo fue el aljibe de almacenamiento inferior, su construcción llevó aproximadamente 1 semana con su respectivo repello, además que se recubrió con pintura especial para albercas, la cual necesita un tiempo de secado antes de la aplicación de la misma de tres días soleados y aproximadamente cuatro días soleados después de la aplicación final para poder llenarlo con agua, esta pintura es de hule clorado, la cual tiene un tiempo de vida de aproximadamente 5 años, dependiendo de la marca, cabe señalar que se utiliza cloro en pastillas para la desinfección del agua debido a que es la menos tiene efectos nocivos sobre el recubrimiento de hule clorado, también se puede usar hipoclorito de sodio (cloro líquido).

CAPÍTULO 5 DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 5.8.1 Tinaco para almacenamiento superior.



Figura 5.8.2 Recubrimiento interior de aljibe



CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

6.1 Conceptos generales

El término “economía” hace énfasis en su calidad de ciencia o de actividad humana a la satisfacción del mayor número de necesidades humanas haciendo uso de medios escasos. La evaluación económica del proyecto, tiene por objeto, determinar el impacto que el mismo producirá para diferentes personas quienes están interesados en su ejecución y su operación. Un proyecto del sector productivo privado, interesa principalmente al inversionista, promotor del mismo.

Para el análisis económico del proyecto se desarrollaron etapas o sistemas que componen al mismo: en primer lugar el costo de los materiales para la construcción del tanque de almacenamiento de agua tratada, el segundo sistema consiste en la tubería de conexión entre el sistema de desagüe y el sistema de filtración así como de dos tanques que tiene la función de almacenar el agua de desagüe y clarificar el agua previo envío a filtros lentos de arena.

6.2 Costos de la construcción del sistema de almacenamiento inferior y superior

Se planea la construcción de un aljibe externo que tiene unas dimensiones de 1.2 mt de altura, 1.03 mt de longitud y 1.1 mt de ancho, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 1300 litros aproximadamente.

Figura 6.2 Costo de materiales utilizados en la construcción del sistema de almacenamiento.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
SACOS DE CEMENTO	7.0	\$ 113.00	\$ 791.00
VARILLA DE 3/8"	2.0	\$ 78.00	\$ 156.00
ALAMBRE RECOCIDO (METRO)	1.0	\$ 17.00	\$ 17.00
CARRETILLA DE GRAVA	1.0	\$ 70.00	\$ 70.00
METRO CUBICO DE GRAVILLA	0.5	\$ 180.00	\$ 90.00
BLOCK MACIZO 10 X 20 X 60	60.0	\$ 6.00	\$ 360.00
ARMEX 8 X 8 CM.	2.0	\$ 97.00	\$ 194.00
BLOCK 15 X 20 X 60 CM. (BASE DE TINACO)	10.0	\$ 8.00	\$ 80.00
RECUBRIMIENTO PARA ALJIBE (4 LITROS)	1.0	\$ 571.00	\$ 571.00
SOLVENTE PARA RECUBRIMIENTO (LITRO)	1.0	\$ 61.50	\$ 61.50

Referencia: Propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Continuación Figura 6.3 Costos del sistema predecantador-aereador, tanque de sedimentación y tubería.

TINACO ROTOPLAS®TRICAPA 1100 LITROS	1.0	\$	1,573.99	\$	1,573.99
FLOTADOR PARA TABLETAS DE CLORO	1.0	\$	119.00	\$	119.00
MANO DE OBRA	1.0	\$	2,500.00	\$	2,500.00
TABLETAS DE CLORO	1.0	\$	85.00	\$	85.00
SUBTOTAL				\$	6,668.49

Referencia: Propia

6.3 Costos del sistema predecantador- aereador y tanque de sedimentación y tuberías de interconexión

Consiste en un tanque de plástico de 120 litros de capacidad de almacenamiento el cual retiene el agua de 2 a 3 horas para eliminar un poco de turbidez así como oxidar la materia orgánica contenida en la descarga de agua residual.

El tanque de sedimentación basa su funcionamiento en la atracción gravitacional que se ejerce sobre los objetos pesados suspendidos en el agua y su finalidad es agrupar dichos objetos para su posterior eliminación del agua, consiste en otro tanque de 120 litros de capacidad.

También incluye la tubería de interconexión del sistema de drenaje de la vivienda con los tanques predecantador-aereador y de sedimentación.

Figura 6.3 Costos del sistema predecantador-aereador, tanque de sedimentación y tubería.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CODO PVC 4" X 90°	2.0	\$ 8.18	\$ 16.36
CODO PVC 2" X 90°	2.0	\$ 1.96	\$ 3.92
CODO HIDRAULICO PVC 1/2" X 90°	10.0	\$ 1.92	\$ 19.20
COPLÉ HIDRAULICO PVC 1/2"	10.0	\$ 1.23	\$ 12.30
COPLÉ SANITARIO 4" PVC	2.0	\$ 4.40	\$ 8.80
REDUCCION DE 3" A 2" PVC	1.0	\$ 3.30	\$ 3.30
TEE PVC 2"	5.0	\$ 2.96	\$ 14.80

Referencia: Propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Continuación Figura 6.3 Costos del sistema predecantador-aerador, tanque de sedimentación y tubería.

REDUCCION DE 4" A 2" PVC	3.0	\$ 6.99	\$ 20.97
CODO PVC 2" X 45°	3.0	\$ 1.80	\$ 5.40
TAPA DE INSERCIÓN PVC 4"	2.0	\$ 6.00	\$ 12.00
TAPA DE INSERCIÓN PVC 2"	2.0	\$ 2.00	\$ 4.00
VALVULA ESFERA CEMENTAR 2" PVC	6.0	\$ 100.80	\$ 604.80
MANGUERA ESPIRAFLEX (PLANA) 2" METRO	5.0	\$ 28.85	\$ 144.25
ABRAZADERA SIN FIN 2"	6.0	\$ 6.84	\$ 41.04
TUBO PVC SANITARIO 4" TRAMO	1.0	\$ 151.80	\$ 151.80
TUBO PVC SANITARIO 2" TRAMO	2.0	\$ 66.81	\$ 133.62
CONTENEDOR 129 LTS.	2.0	\$ 149.00	\$ 298.00
PEGAMENTO PARA PVC	1.0	\$ 54.00	\$ 54.00
THINNER ESTÁNDAR (LITRO)	2.0	\$ 16.00	\$ 32.00
SUBTOTAL			\$ 1,580.56

Referencia: Propia

6.4 Costos del equipo de bombeo

Debido a la necesidad de transportar el agua desde la parte inferior de la vivienda hasta el punto en que será utilizada se requiere el empleo de una bomba centrífuga.

La bomba seleccionada debido a sus características y costo relativamente bajo es una bomba centrífuga con capacidad de $\frac{3}{4}$ de HP la cual se encargara de llevar el agua almacenada al tanque instalado en la parte superior.

Figura 6.4 Costos del equipo de bombeo.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
MOTOBOMBA ELÉCTRICA $\frac{3}{4}$ HP	1.0	\$ 1,046.30	\$ 1,046.30
SUBTOTAL			\$ 1,046.30

Referencia: Propia

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

6.5 Costos del Sistema de hidráulico tubería de succión y descarga de agua tratada.

La instalación hidráulica incluye la instalación de la tubería de cobre para la succión de agua por la bomba, la instalación de la bomba, la tubería para subir el agua tratada que será de cobre de $\frac{3}{4}$ de pulgada con sus respectivas conexiones y válvulas, además de otra tubería que se conectará con los tanques de almacenamiento para la descarga de agua de las tasas de baño y a las demás salidas, la instalación de el tinaco, la aplicación de soldadura en el caso del cobre y de pegamento en el caso de el PVC.

Figura 6.5 Costos del sistema hidráulico tubería de succión y descarga de agua tratada.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
VALVULA DE COMPUERTA SOLDABLE 3/4"	2.0	\$ 72.87	\$ 145.74
TEE COBRE 3/4"	4.0	\$ 15.54	\$ 62.16
CODO DE COBRE 3/4" X 90°	9.0	\$ 8.68	\$ 78.12
COPLE DE COBRE 3/4"	3.0	\$ 6.12	\$ 18.36
REDUCCION BUSHING COBRE 1" A 3/4"	2.0	\$ 13.06	\$ 26.12
TUERCA UNION COBRE 3/4"	2.0	\$ 44.00	\$ 88.00
TRAMO DE TUBO DE COBRE 3/4"	3.0	\$ 240.00	\$ 720.00
ROLLO DE SOLDADURA OMEGA 50 3 MTS.	1.0	\$ 47.65	\$ 47.65
MANO DE OBRA TOTAL SOLDADURA	1.0	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
SUBTOTAL			\$ 2,186.15

Referencia: Propia

6.6 Costos del Sistema de filtros lentos de arena

El sistema de filtrado es el procedimiento por medio del cual se hace pasar una sustancia a través de un material poroso, en este caso se utiliza la arena, que tiene la función de detener las partículas mayores a la medida del poro, pueden ser natural, es el proceso de recarga de los mantos acuíferos, el agua de lluvia pasa a través de la tierra, o artificial se utilizan en diferentes sistemas caseros o patentados, pueden ser filtros lentos de arena, filtros rápidos y sistemas a presión.

CAPÍTULO 6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Los problemas principales en la operación de un filtro están asociadas con el mantenimiento de la cama del filtro en buenas condiciones. La limpieza inadecuada deja una capa de suciedad alrededor de cada grano del medio.

Filtros lentos de arena.- Se utilizan para tratar aguas levemente turbias y generalmente sin un proceso de coagulación previo. Consisten en una capa de arena de 60 centímetros a un 1 metro de espesor la cual esta soportada por una capa de grava de 30 a 40 centímetros, a través de la cual se ubica el sistema colector de agua filtrada.

Tienen un alto rendimiento reteniendo bacterias y eliminan el olor y sabor debido a su actividad biológica. Desafortunadamente requieren grandes extensiones de terreno para filtrar cierta cantidad de agua y es por esto que se están sustituyendo por los filtros rápidos de arena.

En este caso se utilizarán tanques de almacenamiento de plástico los que se usarán como filtros lentos de arena, previamente un tanque que almacenará el agua cruda (residual) y oxidará para posteriormente decantarla en otro recipiente similar y separar los lodos.

Figura 6.6 Costos del sistema de filtros lentos de arena.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
CONTENEDOR 129 LTS.	2.0	\$ 149.00	\$ 298.00
PLASTIACERO	2.0	\$ 80.00	\$ 160.00
SACO DE GRANZON	2.0	\$ 20.00	\$ 40.00
LLAVE 700 JARDIN	2.0	\$ 29.10	\$ 58.20
SUBTOTAL			\$ 556.20

Referencia: Propia

CAPÍTULO 6 EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO

6.7 Costos del Sistema de suministro de agua tratada a las tomas

Consiste principalmente en la tubería encargada de proporcionar el agua tratada a los diferentes puntos en donde será utilizada como son: tanque de almacenamiento de agua para desagüe de retrete y válvulas tipo nariz de media pulgada para otras actividades.

Figura 6.7 Costos de sistema de suministro de agua tratada a las tomas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
TEE HIDRAULICO PVC 1/2"	10.0	\$ 2.36	\$ 23.57
CODO HIDRAULICO PVC 1/2" X 90°	10.0	\$ 1.92	\$ 19.20
COPLER HIDRAULICO PVC 1/2"	10.0	\$ 1.23	\$ 12.30
ADAPTADOR PVC MACHO 1/2"	10.0	\$ 3.00	\$ 30.00
VALVULA ESFERA CEMENTAR 1/2" PVC	6.0	\$ 15.92	\$ 95.52
CRUZ LISO PVC 1/2" CIMENTAR	2.0	\$ 9.69	\$ 19.38
TRAMO DE TUBO PVC HIDRAULICO 1/2"	5.0	\$ 41.00	\$ 205.00
VALVULA DE COMPUERTA SOLDABLE 1/2"	6.0	\$ 52.39	\$ 314.34
LLAVE 700 JARDIN	2.0	\$ 29.10	\$ 58.20
TEE COBRE 1/2"	3.0	\$ 5.32	\$ 15.96
ABRAZADERA DE CUÑA 1/2"	20.0	\$ 0.92	\$ 18.40
CODO DE COBRE 1/2" X 90°	3.0	\$ 3.69	\$ 11.07
CONECTORES ROSCA EXTERIOR COBRE 1/2"	3.0	\$ 12.00	\$ 36.00
TRAMO DE TUBO DE COBRE 1/2"	1.0	\$ 158.00	\$ 158.00
MANGUERA COFLEX PARA SANITARIO	3.0	\$ 24.00	\$ 72.00
PEGAMENTO PARA PVC	1.0	\$ 54.00	\$ 54.00
THINNER ESTÁNDAR (LITRO)	2.0	\$ 16.00	\$ 32.00
SUBTOTAL			\$ 1,174.94

Referencia: Propia

CAPÍTULO 6 EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO

6.8 Costo total del proyecto

A continuación se anexa la figura 6.8 que consiste en el costo de los diferentes sistemas que integran al proyecto para darnos el costo final del mismo.

Figura 6.8 Costo total del proyecto.

DESCRIPCION	COSTO TOTAL
Costos de sistema de suministro de agua tratada a tomas	\$ 6,668.49
Costos del sistema de filtros lentos de arena	\$ 556.20
Costos del sistema predecantador-aereador, tanque de sedimentación y tubería	\$ 2,186.15
Costos del sistema hidráulico tubería de succión y descarga de agua tratada	\$ 1,580.56
Costos del equipo de bombeo	\$ 1,046.30
Costo de materiales utilizados en la construcción del sistema de almacenamiento	\$ 1,174.94
Total	\$ 13,212.64

Referencia: Propia

6.9 Comparativa contra equipos en el mercado

La siguiente figura nos muestra el costo de un equipo comercial para una vivienda de 1 a 4 personas y el costo de la planta de tratamiento del proyecto propuesto.

Figura 6.9 Comparativa de costos.

EQUIPOS	COSTO
Planta de tratamiento de agua residual sanitaria de la Bio-Microbics, inc. Modelo RetroFAST®0.25 de 250 galones por día, para una vivienda de 1 a 4 personas, incluye tanque séptico ⁴⁸ .	\$ 41,358.00 ⁴⁹
Planta de tratamiento de agua residual sanitario para vivienda de 5 personas	\$ 13,012.64

Referencia: Propia

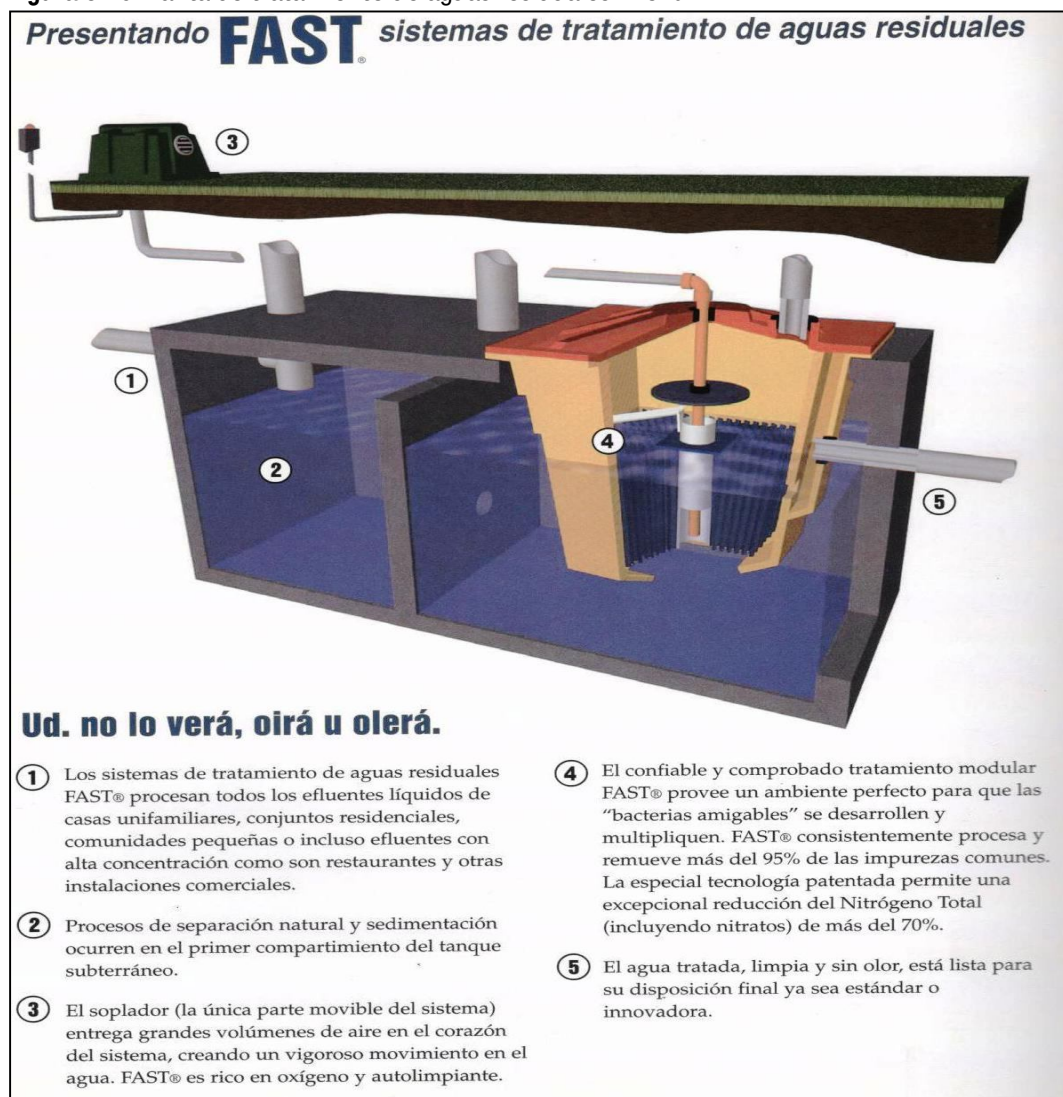
⁴⁸ Lista de precios de Grupo NOVEM S.A. de C.V. 2004

⁴⁹ Precio en pesos al tipo de cambio al día 18 de mayo de 2010

CAPÍTULO 6 EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO

La planta de tratamiento mostrada a continuación es solo un tipo de las que actualmente se encuentran en el mercado, existen otras pero, tienen características más o menos similares.

Figura 6.10 Planta de tratamiento de aguas residuales FAST®.



Fuente: Grupo Novem s.a. de c.v.

CONCLUSIONES

“Condenar el progreso en todo es olvidarse de los vergeles que ha hecho posible la desalinización del agua de mar, idealizarlo es olvidarse de Hiroshima”.

S. Chase

La situación económica actual nos demanda una profunda revisión de los diferentes procesos de desarrollo en todos los aspectos, en lo que respecta al abastecimiento de agua y tratamiento de aguas residuales, no se han logrado establecer esquemas operativos capaces de garantizar inversiones eficientes y la calidad en la prestación de los servicios, como la falta distribución de agua en algunas zonas del país, suministro discontinuo, de mala calidad y de confiabilidad dudosa, a la vez que se vierte de manera indiscriminada aguas residuales a casi cualquier cuerpo receptor llámese lagos, lagunas, ríos y mares, comprometiendo con ello aún más la calidad del suministro agua, como consecuencia de la insuficiencia o funcionamiento inadecuado o nulo de los sistemas de tratamiento actuales y de los procesos existentes.

La ausencia de medidas efectivas de control sobre los consumos de agua en las diferentes zonas de las ciudades, a lo que se agrega la falta de conciencia de las personas sobre la necesidad imperativa de ahorrar y optimizar el uso del agua en cualquier actividad, todavía se pueden observar en muchas zonas residenciales a la señora barriendo o limpiando su banqueta con un chorro de agua, cuando podría utilizar la escoba, esto puede significar que en otras zonas no se tenga el agua suficiente para cubrir las necesidades básicas del ser humano.

Desde el punto de vista ambiental la ineficiencia en la recolección y la casi nula presencia de plantas de tratamiento de aguas da como resultado la inadecuada disposición de las aguas residuales en el ambiente, lo que ocasiona un aumento en la contaminación de los mantos freáticos y de las aguas superficiales, provocando que se haga riesgoso su uso y en algunos casos hasta imposibilitando su empleo como fuente segura de abastecimiento. Lo mismo pasa con el lanzamiento de aguas residuales al mar, que además de poner en riesgo la salud de los bañistas, puede provocar una acumulación de elementos químicos peligrosos para la flora y fauna marina, los cuales a través de la cadena alimenticia provocarían otro desequilibrio y riesgo para la salud de los consumidores de estos productos del mar.

La deficiencia en la cobertura de los sistemas de recolección y tratamiento de aguas cloacales, aunada a la falta de hábitos adecuados de higiene por parte de la población marginada, ha

CONCLUSIONES

Contribuido a limitar aún más el impacto positivo de los sistemas de agua en la salud de esas comunidades, como es bien sabido las poblaciones obtienen máximo beneficio en cuanto a salud se refiere si los servicios de agua y saneamiento adquieren mayor cobertura, funcionando permanentemente, conservando estándares mínimos de calidad y cantidad. Para el cumplimiento de estas premisas se exige que los procesos y actividades que conforman el contexto de los servicios de agua y saneamiento, se realicen de manera eficiente, de tal manera que satisfagan económicamente y socialmente los requerimientos básicos de la población.

Por todo lo anterior se hace énfasis en lo importante y prioritario de la necesidad de plantear y llevar a cabo acciones que involucren a los interesados y a los organismos encargados del suministro de agua y saneamiento, para que, por un lado los organismo encargados del agua administrar y operar de manera eficiente la infraestructura existente, optimizar las inversiones, realizar campañas permanentes de uso racional del agua, además de darle continuidad a los proyectos de infraestructura hidráulica a través de los periodos de gobierno sean a nivel, municipal, estatal o federal, incentivar el tratamiento de agua en las empresas.

Este proyecto surgió como una inquietud por desarrollar un conjunto de dispositivos que sean capaces de retirar la mayoría de los desechos nocivos del agua residual residencial de una manera fácil, económica y segura, el cual podría adaptarse a cualquier lugar, teniendo las características particulares del mismo, la idea es utilizar materiales que son relativamente fáciles de encontrar y accesibles.

Así mismo se hicieron las adaptaciones necesarias para coleccionar el agua de lluvia para uso en el hogar, ya que el agua de lluvia es una alternativa que obtendrá mayor relevancia debido al grado de limpieza que tiene esta fuente de agua que aunque nos es constante, cuando se tiene es muy abundante, y el reto será almacenar la cantidad suficiente para utilizarla en la temporada de estiaje y adecuarla para el uso en un mayor número posible de actividades en los hogares y en la industria del país.

El desarrollo de cualquier proyecto requiere de mucha dedicación, este en particular llevo unos meses desarrollarlo, adecuarlo y terminarlo, tiempo en el cual se consiguió el financiamiento, se adaptaron los materiales y componentes existentes, se buscaron proveedores, se realizaron las compras, se recibió e inspeccionó el material adquirido, se realizaron los diferentes trabajos

CONCLUSIONES

Y retrabajos que siempre surgen debido a la falta de experiencia, además de trabajos realizados por personas especializadas en otras disciplinas, como la construcción del aljibe, y la instalación de la tubería de bomba centrífuga para succión y descarga del agua. El cual no hubiese sido posible concluir si no se tuviera la firme convicción de que es un dispositivo muy útil y económico para el cuidado y conservación del recurso natural más importante para la vida en el planeta.

Cabe mencionar que en un futuro se irán adaptando y optimizando los dispositivos existentes para que aumenten su eficiencia y mejoren aun mas la calidad del agua y así se pueda utilizar en un mayor número de actividades hasta lograr la potabilización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Montaña, María Teresa, (2009), "Se agravarán pugnas por agua afirma especialista", DF, EL UNIVERSAL, Lunes 26 de enero, <http://www.eluniversal.com.mx/df>. [Consulta lunes 26 de enero de 2009].
2. Unda Opazo, Francisco. (2000), Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Publica. 4 Reimpresión, Noriega-Limusa. 968 p.
3. Martí Miguel, Celedonio. (1976) Mecánica y automática del agua, España, Marcombo Boixareu Editores. 147p.
4. Hicks, Tyler G. (1990) Bombas su selección y aplicación. Vigésimosegunda reimpresión. México, Compañía Editorial Continental, S. A. de C.V. 530p.
5. McNaughton, Kenneth J. (1992). Bombas, Selección, uso y mantenimiento. México. Mc Graw Hill/Interamericana de Mexico, S.A. de C.V.
6. Hernández Muñoz, Aurelio. Hernández Lehmann, Aurelio. (2004) Manual de Saneamiento URALITA. Segunda Edición. España, Internacional Thompson Editores Spain y Paraninfo S.A.
7. Fair, Maskew Gordon. Charles, Greyer John. Alexander, Okun Daniel. (2002) Abastecimiento de agua y Remoción de Aguas Residuales. Decimosexta reimpresión. México. Editorial Limusa. 547p.
8. The United Nations World Water Development Report 2 (2006) "Water: a shared responsibility". Barcelona, España. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization and Bergham Books. 584p.
9. Metcalf y Eddy. (1996) México. Ingeniería de aguas residuales, Tratamiento, vertido y reutilización. Mc Graw Hill. 752 p.
10. Enciclopedia de las ciencias. (1982) Quinta edición (revisada). México Impresora y editora mexicana s.a. de c.v. 290 p.
11. Metcalf y Eddy. (1981). "Tratamiento y depuración de las aguas residuales" Segunda Edición. España. Editorial Labor S.A. 837p.
12. http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17461_208&ID2=DO_TOPIC
13. Libro "Agua, medio ambiente y sociedad, hacia la gestión de los recursos hídricos en México", <http://www.biosferamexico.org/geomosaico/2009/07/07/datos-del-agua-en-mexico/>.

BIBLIOGRAFÍA

14. <http://www.scribd.com/doc/12786162/Maquinas-hidraulicas>
15. <http://www.innovationlandscaping.com/fx5/plumbing.html>
16. www.schneider.ind.br/_slg/.../4a10ce5035beacf4ca8fddf415d7e559.doc
17. http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9rdida_de_carga
18. http://es.wikipedia.org/wiki/Columna_de_agua