



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN

"ANÁLISIS DE LOS BENEFICIOS DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS
RESIDUALES EN UNIDADES HABITACIONALES MEDIANTE LA
INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Ingeniero Civil

PRESENTA

Alberto Otero González

Asesor: José Pedro Agustín Valera Negrete

Fecha: Mayo 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA A MIS PADRES.

A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por que gracias a su apoyo y consejo, he llegado a realizar la más grande de mis metas, la cual construye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Deseo de todo corazón que mi triunfo profesional lo sientan como suyo.

Gracias padres por darme la confianza y la oportunidad de estudiar, pero mejor aún gracias por darme la vida y el apoyo que todo hijo desea para ser una persona exitosa en la vida.

A MI HERMANA.

Por ser una persona capaz de entenderme y escucharme en momentos difíciles, halle en sus palabras apoyo para seguir otro día más, gracias por entenderme como estudiante y hacerme sentir seguro de mis proyectos sabiendo que la decisión que tome será la más adecuada.

A MI NOVIA.

A ti hermosa mujer, a quien agradezco por confiar, y por ayudarme a realizar mis objetivos, por mantenerte junto a mi durante esta relación de 9 años observando como me desarrolle desde la secundaria, el CCH y ahora por concluir plenamente mis estudios profesionales, por aguantarme en momentos muy difíciles. Tus palabras se convirtieron en aliento para mi persona, agradezco por aguantarme todo este tiempo el cual me ayudaste a realizar mis objetivos gracias te Amo.

A MI FAMILIA.

Agradezco de todo corazón por la confianza que depositaron en mi, por el empujoncito de todos ustedes al decirme que yo podía hacer lo que me propusiera en la vida, discúlpennme por alejarme de ustedes, pero de ante mano se que los quiero mucho gracias familia.

A TODAS MIS AMISTADES.

A las personas que me conocieron desde niño y que ahora saben que nos les falle por que gracias a ustedes, a sus consejos, puntos de vista y a sus conocimientos de la vida hoy lo he reflejado en mi y se que sentirán orgullosos de mi como yo de ustedes gracias.

A MIS PROFESORES.

Gracias a ellos tengo el orgullo de decir que termine mis estudios profesionales, y que me siento orgulloso y satisfecho de decir que soy Ingeniero Civil, se que esta carrera es muy difícil pero gracias a sus enseñanzas tengo el privilegio de aplicar los conocimientos adquiridos en el trabajo y dar lo mejor de mi.

Agradezco a mis sinodales los cuales sin el apoyo de ellos esto no hubiera posible, me apoyaron en el desarrollo de la tesis para realizar un trabajo de calidad. Agradezco la gran paciencia del Ing. J.P. Agustín Valera Negrete el cual demostró mucho interés en el trabajo aún que me regañaba por mi ortografía pero gracias ingeniero de todo corazón

GRACIAS A DIOS Y A USTEDES HE TERMINADO UNA FASE MUY IMPORTANTE DE MI VIDA AHORA ME COMPROMETO ANTE LA SOCIEDAD A TRABAJAR Y DAR LO MEJOR DE MI EN LA VIDA PROFESIONAL DEMOSTRANDO TODOS MIS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS .

ÍNDICE

	Página
Justificación.	6
Introducción	7

CAPÍTULO 1 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA URBANA DE UNIDADES HABITACIONALES.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.	9
1.1.1 Antecedentes de las unidades habitacionales.	9
1.1.2 Necesidades de la vivienda actual.	13
1.1.3 El papel de las unidades habitacionales.	15
1.1.4 Ventajas y desventajas de las unidades habitacionales.	17
1.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA UNIDAD HABITACIONAL.	19
1.2.1 Clasificación.	19
1.2.2 Viabilidad social.	20
1.2.3 Viabilidad del entorno físico.	21
1.2.4 Viabilidad económica.	21
1.2.5 Viabilidad política.	22
1.2.6 Demanda actual.	23
1.3 URBANISMO ASPECTOS GENERALES.	24
1.3.1 Materiales de construcción.	25
1.3.2 Soportes.	27
1.3.3 Servicios.	28
1.3.4 Pavimentos.	29
1.3.5 Semáforos.	30
1.3.6 Señalamientos.	31
1.3.7 Protectores.	31

CAPÍTULO 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

2.1 LA NECESIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	33
2.2 PROBLEMÁTICA GENERAL DE AGUAS RESIDUALES	33
2.3 AGUA RESIDUAL URBANA.	35
2.3.1 Origen y carga de las agua urbanas.	35
2.3.2 Excretas.	35
2.3.3 Residuos domésticos.	36
2.3.4 Arrastres por lluvias.	37
2.3.5 Infiltraciones.	37

2.4	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES.	38
2.4.1	Según su composición.	38
2.4.2	Según su presentación.	39
2.4.2.1	Sólidos sedimentables.	39
2.4.2.2	Sólidos en suspensión.	40
2.4.2.3	Disoluciones coloidales.	40
2.4.2.4	Sólidos disueltos.	40
2.5	PROPIEDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES.	41
2.5.1	Propiedades físicas.	41
2.5.2	Propiedades químicas.	44
2.5.3	Características biológicas.	48
2.5.4	Clasificación de las aguas negras.	50
2.5.5	Gases contenidos en las aguas residuales.	51
2.6	FACTORES ECOLÓGICOS Y DE VERTIDO.	53
2.6.1	Factores fundamentales.	53
2.6.2	Depuración.	53
2.6.3	Características del vertido.	54
2.6.4	Riego.	55
2.6.5	Efectos sobre el suelo.	56
2.6.6	Escorrentías superficiales sobre cubierta vegetal.	56
2.6.7	Factibilidad de las aguas residuales tratadas en usos forestales.	57
CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO.		
3.1	HISTORIA DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS	59
3.1.1	Procesos de tratamiento de aguas residuales	60
3.1.2	Tipos de tratamiento.	60
3.2	TRATAMIENTO PRELIMINAR.	61
3.2.1	Rejillas y cribas	61
3.2.2	Desmenuzadores.	64
3.2.3	Desarenadores criterio hidráulico	65
3.2.3.1	Desarenador de flujo horizontal.	65
3.2.3.2	Desarenador aireado.	67
3.3	TRATAMIENTO PRIMARIO.	69
3.3.1	Tanque de pre-aireación.	70
3.3.2	Remoción de grasas, aceites y material flotante.	71
3.3.3	Tanques de doble acción o Himhoff.	72
3.3.4	Fosa séptica y pozo de absorción.	73
3.3.5	Coagulación y floculación.	74
3.4	TRATAMIENTO SECUNDARIO.	75
3.4.1	Base de los tratamientos naturales.	76
3.4.2	Procesos biológicos básicos.	77
3.4.3	Microorganismos.	78

3.4.4	Necesidad de nutrientes.	78
3.4.5	Aerobiosis y Anaerobiosis.	78
3.4.6	Fotosíntesis.	79
3.4.7	Crecimiento controlado.	79
3.4.8	Crecimiento adherente.	79
	3.4.8.1 Biofiltro o Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA).	80
	3.4.8.2 Biodisco.	82
3.4.9	Lodos activados.	83
3.4.10	Lagunas de oxidación.	84
3.4.11	Filtro verde.	85
3.4.12	Lecho de turba.	85
3.5	TRATAMIENTO Terciario.	85
3.5.1	Eliminación de Nitrógeno y Fósforo.	85
3.5.2	Absorción.	86
3.5.3	Intercambio iónico.	86
3.5.4	Separación por membranas.	87
3.5.5	Oxidación avanzada.	87
3.6	DESINFECCIÓN.	88
3.6.1	Medios Físicos.	88
3.6.2	Medios Químicos.	88
3.7	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS.	89
CAPÍTULO 4 INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN UNIDADES HABITACIONALES		
4.1	DATOS BÁSICOS PARA LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	91
4.2	SELECCIÓN DEL NIVEL DE TRATAMIENTO	93
4.2.1	Prueba de jarras.	94
4.2.2	Determinación de las constantes de biodegradabilidad.	94
4.3	NORMAS PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	96
4.4	GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS, TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.	98
4.4.1	Aspectos técnicos.	99
4.4.2	Características del efluente municipal crudo.	100
4.4.3	Tecnologías de tratamiento.	100
4.4.4	Características del sitio.	101
4.5	ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS.	102
4.5.1	Costo de inversión.	102
4.5.2	Costos de operación y mantenimiento.	102
4.5.3	Costos integrados.	103
4.5.4	Evaluación de costos de inversión.	103

4.6 SUSTENTABILIDAD DEL PROYECTO.	103
4.7 REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.	104
4.7.1 Reutilización con fines municipales y recreativos.	104
4.7.2 Reutilización para transporte y lavado.	104
4.7.3 Reutilización para refrigeración industrial.	105
4.7.4 Reutilización para calentamiento de sistemas.	105
4.7.5 Reutilización para la producción de biomasa.	106
4.7.6 Reutilización para enfriamiento de un solo paso.	106
4.7.7 Reutilización para generación de vapor.	106
4.7.8 Reutilización para la industria de celulosa y papel.	107
4.7.9 Reutilización para la industria del petróleo.	107
4.8 ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES.	107
4.9 DINAMARCA UN SISTEMA DE EJEMPLO MUNDIAL.	108
4.10 COSTO Y BENEFICIO	111
CAPÍTULO 5 IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE USO DE AGUA.	
5.1 LA NUEVA CULTURA DEL AGUA.	115
5.1.1 El agua en México una crisis que no debe ser ignorada.	116
5.1.2 Contaminación y vulnerabilidad de los acuíferos urbanos.	121
5.1.3 Agua y seguridad nacional.	123
5.1.4 Retos para la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).	124
5.2 LA EXPERIENCIA CON EL AGUA EN EL MUNDO.	128
5.3 LA SATISFACCIÓN DEL AGUA EN PERSPECTIVA Y LA DEMANDA DE LOS PRÓXIMOS AÑOS.	130
5.3.1 ¿Una ciudad con mucha sed?	131
5.4 EL AGUA EL RETO DEL ACTUAL MILENIO.	132
5.5 LOS VALORES DE LA CULTURA DEL AGUA “UNA CONCIENCIA COLECTIVA”.	133
5.6 HACIA LA LEGALIDAD DE LA NUEVA CULTURA DEL AGUA.	136
5.7 LA POLÍTICA PÚBLICA DE UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA.	137
5.8 LA DINÁMICA DEMOGRÁFICA EN LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.	138
5.9 RESPONSABILIDAD EN EL PAGO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.	138
5.10 RETOS HIDRÁULICOS ANTE EL NUEVO MILENIO.	139
5.11 LOS NUEVOS CAMINOS DEL AGUA.	143
CONCLUSIONES.	144
BIBLIOGRAFÍA.	151
GLOSARIO.	154

JUSTIFICACIÓN:

La realización de esta tesis es importante, porque analiza el proyecto de la construcción de una unidad habitacional con objeto de satisfacer la demanda de hogar para la sociedad, ya que hoy en día tal necesidad es mucho más exigente por motivos del crecimiento poblacional y territorial sin control, en donde las comodidades y los estándares de vida están disminuyendo y se reflejan los problemas sociales en la población y por tanto en el crecimiento de las necesidades de la denominada mancha urbana.

Hemos estudiado el incremento desbordado de la población, por lo que estamos obligados a adquirir nuevas tipologías de vivienda, llevando a cabo un cambio en la planeación de su arquitectura de la misma forma en la que se desarrolla el ambiente urbano; cambiando la edificación horizontal a vertical en las grandes unidades habitacionales, permitiendo con ello alojar a un número mayor de personas aprovechando la infraestructura y los espacios disponibles en las zonas conurbadas.

Observamos que las teorías de la planeación urbana, permiten prever y construir un sistema de infraestructura para una capacidad determinada de habitantes, que frecuentemente se ve superada por los asentamientos irregulares; sin embargo estamos obligados no sólo a proporcionar vivienda, sino a trasladarnos a los lugares de trabajo, escuelas, oficinas, centros comerciales, etc., teniendo que predecir los tiempos de recorrido al establecer programas de origen-destino, obligándonos con ello a la adecuación de zonas geográficas para la construcción de unidades habitacionales y resolver problemas urbanos de las áreas aledañas.

En mi proyecto de tesis, propongo implementar un sistema moderno de ingeniería civil, considerando aspectos de planeación, ingeniería ambiental y construcción, para colocar una **planta de tratamiento de aguas residuales** dentro de las instalaciones de las unidades habitacionales, que analice el reciclado de las aguas servidas y su posible reutilización como medio básico de riego para las áreas verdes, descargas orgánicas en W.C. dentro de las estancias, servicio de limpieza en andadores y pasillos y eventualmente para el apoyo hidráulico en caso de siniestros.

Así tendremos un máximo aprovechamiento y uso adecuado del vital líquido, proponiendo la optimización del abastecimiento del agua potable en las unidades habitacionales para que en el futuro inmediato adoptemos una cultura de captación, tratamiento y reutilización del agua que mejore la recarga de los mantos acuíferos y nos proporcione mayor calidad de la misma, y que debido a su escasez al extraerlo del subsuelo provoca asentamientos estructurales y deformaciones en suelos.

Si otros países tienen la cultura del tratamiento de las aguas residuales y su reutilización, en México también lo podemos hacer en el mediano plazo, implantando tecnologías adecuadas para no dañar el medio ambiente cuando se realizan obras de edificación en las grandes urbes, adaptándolas a un funcionamiento óptimo y económico que en el futuro sirva de ejemplo para cuidar el agua en proyectos de gran escala.

INTRODUCCIÓN:

El constante crecimiento de la población en la Ciudad de México y la Zona Metropolitana, no ha podido ser detenido por los límites físicos y geográficos, como lo son las cañadas, cerros, zonas de inundación durante la época de lluvias, límites territoriales de minas o basureros; pero tampoco los detienen las advertencias de riesgo de derrumbe, reservas ecológicas, tierras de uso agrícola, parques industriales, etc.

Este fenómeno se presenta principalmente en las ciudades donde existen actualmente oportunidades de trabajo, y en las que encontramos servicios modernos y “comodidades”, pero también existen problemas sociales, geográficos y económicos, así como grandes deficiencias que se ven reflejadas en el crecimiento poblacional y la posesión territorial sin control, obligando a que la calidad de vida de los seres humanos disminuya. Como ejemplo se puede mencionar a los asentamientos irregulares o “ilegales” que con el paso del tiempo se convierten en la llamada vivienda popular, en donde se requieren los servicios públicos de calidad que deben suministrarse con base en recientes tecnologías, pero desafortunadamente seguimos observando su falta de control, principalmente en la periferia del Distrito Federal y del Estado de México.

Las políticas y estrategias para resolver y erradicar este problema no arrojan los resultados esperados, y se siguen presentando, aunque en forma decreciente los asentamientos irregulares que requieren de infraestructura urbana para cubrir las necesidades de la población, las que han repercutido en el gobierno optando por la construcción de unidades habitacionales, las cuales son adaptadas a la urbanización y a las demandas que se requieran para su habitabilidad realizando cambios estructurales de formas horizontales a verticales, y alojando así a mucho mayor número de personas por el crecimiento demográfico que da lugar a la demanda de más vivienda. En la década de los años 50's se crea la modalidad del aprovechamiento de espacios habitacionales a precios accesibles en una extensión pequeña de terreno, en donde se puede construir para un mayor número de personas que demandan este servicio de adquisición para vivienda digna.

La unidad habitacional que se propone en este trabajo de tesis, está diseñada para albergar a 3,500 personas de clase media “profesionistas”, suministrando los servicios de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y alumbrado público, así como la construcción de escuelas, centros comerciales, etc. La unidad contará con un servicio de captación de aguas servidas y pluviales, como son: las descargas de lavadoras, fregaderos, agua de baño diario y servicios sanitarios, limpieza habitacional, lavaderos, etc., así como la captación de aguas pluviales recopiladas por techos y azoteas. Se procurará ofrecer la reutilización del agua mediante un proceso de tratamiento ya que dicho líquido al no contener materia orgánica, ni sustancias tóxicas, es segura para el riego de jardines, áreas verdes y descargas del W.C.

Para garantizar un buen funcionamiento de la unidad habitacional en conjunto, es necesario realizar un estudio técnico y metodológico exhaustivo del proyecto, para optimizar la

construcción de un grupo de viviendas con características de diseño que permitan las comodidades y la obtención de los servicios con relación a la urbanización actual.

La construcción de una planta de tratamiento, se ha tornado necesaria debido a que el consumo de agua potable se ha incrementado y, como consecuencia, ha aumentado la contaminación de los mantos acuíferos; es principalmente por esta causa que al tratar el agua para su reutilización, disminuimos el consumo de agua potable, y debido a su escasez en las grandes ciudades, la sustituimos por agua tratada en las actividades de riego y usos sanitarios.

En la gestión de la demanda y conservación del agua en el ámbito urbano, interesa señalar que constituye una parte inseparable de una nueva visión en la política hidrológica global, cuya función es conciliar la satisfacción de los servicios hidráulicos con las defensas y protección de las masas de aguas territoriales; ya que no solo depende de la salud del medio ambiente sino que también de la garantía en la continuidad y disponibilidad de los recursos hidráulicos a largo plazo, en condiciones adecuadas de cantidad y calidad para los suministros de agua.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA URBANA DE UNIDADES HABITACIONALES

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.

1.1.1 ANTECEDENTES DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.

El desarrollo de la vivienda en México y en cualquier país del mundo, está estrechamente ligado al crecimiento demográfico; como producto de lo anterior, surgen necesidades de vivienda conjuntamente con la nueva población que llega de provincia con el sueño de vivir en una capital con la modernidad y con la supuesta mejor calidad de vida, estas necesidades de servicio han sido tratadas por los gobiernos a lo largo de la historia intentando dotar de vivienda digna a la población; pero estos intentos han sido rebasados por la llamada mancha urbana, ya que con el paso del tiempo vemos que los espacios cada vez van siendo menores y la demanda aumenta. Una solución a la demanda de hogar para la población fue la construcción en serie de las unidades habitacionales, siendo precisamente este tipo de espacios los que adoptamos hoy en día para vivir.

Hasta la primera década del siglo XX, las viviendas de la Ciudad de México eran grandes mansiones que alojaban a una sola familia, no existía el concepto de vivienda colectiva o comunitaria. Conforme fueron repoblándose los centros urbanos del país, se fue creando la necesidad de construir vivienda para alojar a quienes llegaban de provincia principalmente a la Ciudad de México, a laborar en los centros industriales que se asentaban en la zona metropolitana.

En el caso de la Ciudad de México, la respuesta de las clases más bajas fue convertir las residencias unifamiliares del centro histórico en vecindades, que no contaban con las condiciones mínimas de habitabilidad, además se demolieron edificios viejos para construir vecindades nuevas en el mismo terreno.

Para la clase media se empezaron a construir apartamentos que se ofrecían en alquiler. Hacia el año de 1950 la demanda de vivienda en el Distrito Federal fue en aumento y el modo de vida se modificó; debido a que cada vez eran más las familias de clase media que contaban con un automóvil, por lo que se ofrecieron apartamentos con espacio para guardarlo, lo cual se convirtió en una necesidad creciente.

Algunos patrones de empresas construyeron edificios habitacionales para sus trabajadores; el mejor ejemplo, es el conjunto conocido actualmente como “la mascota”, ubicado en Av. Bucareli y construido en 1910 para los trabajadores de la fábrica de cigarros El Buen Tono.

Este edificio consta de dos niveles y sótano, siendo un caso excepcional no sólo por su altura sino por todos los servicios con que contaba, tenía estufas para leña y carbón, calefactores de agua rápidos (boilers), instalaciones eléctricas, tinas de baño, lavabos y w.c. esmaltados,

regaderas, espejos, repisas de cristal y en todas las recámaras tenían un ropero con espejos franceses.

Surgieron otros tipos de vivienda para grupos con características específicas. Tal es el caso del edificio Ermita, ubicado en el vértice que se forma entre las avenidas Revolución y Jalisco, que solamente era para alojar “parejas sin hijos o solteros”. El edificio Martí, para “católicos de clase media”, siendo el primero que desde su creación intentó organizarse como condominio.

Por esa época hubo varios proyectos de ciudades obreras (amplias zonas con vivienda para trabajadores) que, aunque no se llevaron a cabo, fueron base latente para la construcción de vivienda popular, que hizo que en las siguientes décadas se retomaran estos modelos para vivir.

La clase media fue la más beneficiada con el desarrollo de la vivienda en la Ciudad de México; y la gente más pobre, que además fue en aumento por el fenómeno de la migración y el desempleo, ocupó las vecindades y comenzó a poblar asentamientos irregulares; en la década de los años 40´s surgieron las ciudades perdidas como la Marranera en Tacubaya.

A pesar de que en las viviendas habilitadas o construidas desde principios del siglo XX, hasta 1950, se compartían espacios comunes, no existía la figura de condominio, la mayoría era en alquiler. En 1954 se decretó la primera ley condominal, llamándose “Ley Sobre el Régimen de Propiedad y Condominio de los Edificios Divididos en Pisos, Departamentos, Viviendas o Locales”.

El Arquitecto Mario Pani, diseñó el primer edificio en condominio, ubicado en Paseo de la Reforma, el cual fue inaugurado en 1956, siendo de uso mixto con departamentos de lujo, despachos y comercios.

A partir de la promulgación de la ley condominal, las viviendas construidas por organismos estatales se fueron escriturando bajo el régimen de propiedad en condominio; las edificadas antes de su publicación fueron adquiriendo poco a poco este régimen, como lo es el caso de las Unidades Habitacionales del Instituto Mexicano de Seguro Social, que inicialmente estaban en renta. El sector privado también aprovechó esta ley, aumentando la oferta de conjuntos departamentales en condominio para las clases media y alta.

En 1936 el Departamento del Distrito Federal (DDF) construyó los conjuntos Balbuena y San Jacinto para sus trabajadores. Así comenzó la injerencia de estancias gubernamentales en materia habitacional y el concepto de “vivienda de interés social”.

A finales de la década de los 40´s se inauguraron los conjuntos habitacionales La Esperanza (ubicada en Eje 1 Poniente, Obrero Mundial y Diagonal San Antonio); y Centro Urbano Presidente Alemán (CUPA) el primero con 200 departamentos y el segundo con 1,080 departamentos; construidos por el Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas (BNHUOP).

El CUPA, inaugurado en 1949, es el antecedente de las Unidades Habitacionales de grandes dimensiones. Cuatro años después se inauguró el conjunto Unidad Modelo (Eje 1 Oriente y

Circuito Interior) con 3,639 viviendas construido por BNHUOP y la Dirección de pensiones del DDF, ambos fueron diseñados por Mario Pani, quien ideó los espacios en equilibrio para que existieran áreas verdes, equipamiento social completo y una separación del entorno a través de construcciones peatonales, estos conceptos se fueron perfeccionando hasta alcanzar lo que él llamaba una “ciudad dentro de un conjunto” como lo es el caso de Tlatelolco.

Entre 1950 y 1970 el Estado intensificó la construcción de vivienda, aumentando considerablemente el número de hogares en cada proyecto, a cambio de menos áreas comunes y con ello saturando los espacios disponibles, la Dirección de Pensiones del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE) levantó 45,000 viviendas (identificadas hoy como las del Fondo de Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE); entre estas ciudades tenemos al Centro Urbano Presidente Juárez (Av. Cuauhtémoc y prolongación Orizaba) y La Patera o Nueva Patria (en las calles de San Juan y Bilbao). El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), construyó las Unidades Legaria (en Calzada Legaria y Calzada Santa Cruz Coacalco, Tlatilco (en Eulalia Guzmán y San Luis Tlatilco), Independencia (Av. San Bernabé y Blvd. Adolfo López Mateos), Santa Fe (camino real a Toluca y Toscanos), sumando 10,600 viviendas.

El DDF construyó 17,700 viviendas en Iztapalapa y 9,000 en San Juan de Aragón. Petróleos Mexicanos (PEMEX) hizo 13,100 viviendas y la Dirección de Pensiones Militares 1,100. El BNHUOP y el Banco Nacional de Obras (BANOBRAS) construyó las unidades de Tlatelolco, Lomas de Sotelo (en Av. Casa de la Moneda y Av. De las Torres), Juan de Dios Batís (Av. Juan de Dios Batis, Calzada Ticomán y Av. Instituto Politécnico Nacional). El Fondo de Vivienda (FOVI) construyó la Villa Olímpica (Periférico Sur y antiguo camino a San Andrés), destinada inicialmente para hospedar a los atletas de las olimpiadas de México 1968 y utilizadas después para la vivienda.

En 1950 a 1970 comenzó a tomar fuerza la participación de la gente de escasos recursos, que estaban eficientemente organizados y convencidos de crear organismos para atender a este sector de la población, creando el denominado fideicomiso Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO).

En la década de los 70´s comenzaron a surgir otros problemas; el parque habitacional del país comenzaba a sufrir deterioro. Más del 86% de vivienda estaba sobre-poblada; 19% sufrirían deterioro urgente de reparar y 57% tenían deterioro parcial, hubo algunas acciones de mejoramiento de vivienda por parte del (FONHAPO).

La creación del Instituto del Fondo Nacional para la Vivienda de los Trabajadores (INFONAVIT) en 1972 y la construcción de viviendas a cargo del Estado, aceleró aun más la construcción de la vivienda como lo es la Unidad el Rosario, construida por este organismo con 17,000 viviendas compartidas por la delegación Azcapotzalco y el municipio de Tlalnepantla, siendo la más grande en América Latina.

En 1972 se sustituyeron vecindades edificadas a principios del siglo XX por nuevas viviendas, el DDF construyó la unidad Candelaria de los Patos (entre General Anaya y Av. La Candelaria), con la que desaparecieron varias vecindades de la zona; entre 1973 y 1976 se construyó el conjunto Plan Tepito (calle Aztecas y Toltecas) para el mismo fin.

En el Distrito Federal, las viviendas de interés social aumentaron progresivamente entre los años de 1981 a 1991; pasando de 12,027 viviendas en 1981 a 146,465 viviendas en 1991 teniendo un aumento importante en el año de 1986 como consecuencia de los sismos que se presentaron en 1985; llegando a sumar un total de 319,466 viviendas.

De 1985 a nuestros días se ha trabajado por dotar de vivienda a toda esa población requeriente, el boom de la construcción de vivienda se ha dado en las unidades habitacionales principalmente de interés social; siendo de gran importancia el crecimiento vertical en lugar del horizontal, aprovechando los espacios cada día más cuidadosamente, pero pagando el precio que esto implica, creando unidades habitacionales con departamentos de dimensiones mínimas en las que el usuario desea mayor confort para el desarrollo de sus actividades y necesidades diarias.



Fig. 1.A Construcción de la Unidad Habitacional Brisas Edo. de Méx.

1.1.2 NECESIDADES DE LA VIVIENDA ACTUAL.

La crisis económica por la que atravesó el país en la década de los 80 acentuó la dificultad para satisfacer la creciente demanda de vivienda, este efecto se manifestó sobre todo a partir de 1982, en donde la deuda interna del país impidió destinar más recursos a los programas de desarrollo social. La pérdida del poder adquisitivo de la población dificultó las posibilidades de acceder a los créditos de una casa, así como a las acciones de vivienda progresiva destinadas a los grupos con menos recursos.

Esta situación se vio acompañada naturalmente, por una disminución en la actividad de la industria de la construcción, lo que ocasionó la sub-utilización de la planta productiva y los cierres de las empresas constructoras y productoras de materiales de construcción, todo lo que condujo a que se construyeran menos casas, aumentando los costos en las rentas y por lo mismos se dio una fuerte especulación en el mercado inmobiliario.



Fig. 1.B Carros de ferrocarril y asentamientos irregulares a las orillas de canales de aguas negras utilizados como casas habitación, Naucalpan Edo de México.

Pese a que la tasa de crecimiento demográfico se ha reducido a menos del 2% anual, el volumen de la población se sigue incrementando año con año, de 19.6 millones de habitantes en 1940, el país pasa a más de los 80 millones para el año de 1990, para el año 2000 fuimos 100 millones de habitantes y esperamos que para el año 2010 seamos 120 millones de habitantes; lo cual nos da una idea de la magnitud del problema que representa este factor para el desarrollo social. Existe una enorme necesidad de vivienda asociada a la llamada “vida digna”, donde los medios de producción, el avance tecnológico y los modernos sistemas constructivos, han permitido satisfacer parcialmente las necesidades de la población.

Fueron notorias las propuestas de producción de vivienda obrera y para la clase media, por medio del FOVI, INFONAVIT, FOVISSSTE y FONHAPO; existiendo un cambio muy importante en la vivienda que dio origen a los conjuntos habitacionales, es la miniconstrucción de la vivienda, es decir, las viviendas disminuyeron sus espacios en todas las áreas de servicio (sala, comedor, cocina, baño, recámaras y patios de servicio) lo que de alguna manera permitió diseñar y construir cierta cantidad de vivienda en los edificios que forman parte de los

conjuntos habitacionales, dándose una optimización en los espacios proporcionados a todos los servicios.

La vivienda popular en la historia de la arquitectura mexicana ha constituido la habilidad de realizar proyectos de casas habitación más reducidas, que en comparación con las casas populares para los trabajadores de los años 30 y 40 que eran de casi 100 m² construidos, para que después de 1996 se adaptaran a 40 m². Los grupos constructores presentan características similares en la edificación de conjuntos habitacionales, tienen puesta la atención en la rapidez de la construcción, el costo por m², la estandarización de elementos, el precio bajo, el crédito disponible, la forma exterior y muchos otros factores; aduciendo a la recuperación del “costo del terreno”, los conjuntos habitacionales populares se hacen cada vez más densos no permitiendo el futuro crecimiento de la vivienda.

En la actualidad los conjuntos habitacionales son diseñados para ser un eslabón del ciclo ecológico, en donde para ello es necesario reciclar la basura en su totalidad, no usar mucho detergente, dar máxima eficiencia al uso del agua, tratar las aguas negras, abonar y producir frutos en los jardines y áreas comunes. Por lo que se pretende que los conjuntos habitacionales se conviertan en unidades productivas que generen empleos y recursos económicos; desde su construcción hasta su operación beneficiando a la población, al sistema financiero y a la industria de la construcción.

Al problema que se enfrentan las edificaciones, es el suelo, que se convierte en uno de los principales retos para todos los organismos públicos de vivienda de interés social, ya que en él se encuentran más asentamientos como resultado del crecimiento demográfico y el alto costo de la tierra en espacios urbanos, dificultando las construcciones de vivienda a precios acordes a la capacidad de pago de los trabajadores.



Fig. 1.C Unidad Habitacional Ex-hacienda de Enmedio genera más de 350 empleos directos (Vallejo, D.F.).

La necesidad de tener un hogar en la actualidad es un problema grave referente al costo dado que se requiere una gran inversión para su construcción, en donde el costo deberá adaptarse a los presupuestos de los trabajadores que requieran la adquisición de una vivienda.

1.1.3 EL PAPEL DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.

El mayor problema que se ha presentado en los grandes centros de desarrollo urbano, es el espacio para edificar centros habitacionales, particularmente la Ciudad de México viene sufriendo este mal por el constante e incontrolable aumento de su población, como es sabido, esto se debe principalmente a la falta de planeación y a una estrategia política de desarrollo urbano que proporcione un verdadero control en los asentamientos humanos en la zona territorial.

En la época colonial cuando se pretendía llevar un control de suelo urbano efectuándose la primera traza de conteo poblacional, sólo se presentaban trece manzanas teniendo como centro lo que hoy se conoce como la Plaza de la Constitución, no obstante, fue insuficiente este espacio para la demanda de habitación; por lo que derivó en la división de clases y la discriminación racial que imperaba y se comenzaron a dar los asentamientos en forma indiscriminada conforme más crecía la población se generaba mayor demanda de suelo habitacional.

Hoy en día la Ciudad de México presenta un avance significativo en lo que se refiere al aprovechamiento del espacio habitacional, el creciente incremento de la población ha intensificado la demanda de servicios como la estructura urbana, por tener un lugar digno donde habitar, los grupos sociales se comienzan a organizar creando soluciones para satisfacer sus necesidades y adaptares al contexto urbano.

De este modo han surgido diversas alternativas para obtener un espacio donde vivir, estas soluciones frecuentemente se dan en condiciones fuera de la ley de los asentamientos humanos. Por otro lado el gobierno del Distrito Federal y el Estado de México, también han tomado acciones tendientes a resolver el problema, han puesto en marcha proyectos habitacionales, que generalmente son subsidiados para que estén al alcance de la economía de los trabajadores; los proyectos varían desde la lotificación con casas en hilera, a conjuntos de edificios con apartamentos de 4 y 5 niveles.

Estos proyectos habitacionales en la actualidad, han proliferado de manera por demás incontrolable en los últimos años; se han creado complejos en la parte sur y este del DF en las delegaciones: Coyoacán, Álvaro Obregón, Milpa Alta, Tláhuac, Iztapalapa y Xochimilco, así como en Chalco, Texcoco, Tlalnepantla, Ecatepec y Cuautitlán entre otros municipios.

Los conjuntos manejan la venta de vivienda llamada en paquete, es decir, una vivienda completamente terminada con servicios en funcionamiento y con crédito disponible para el comprador; la calidad en la construcción es la más alta en los sistemas de vivienda de bajos ingresos ofreciendo adecuados servicios comunitarios a su población, dependiendo de las necesidades para el desarrollo de sus habitantes; la mayoría de los residentes están estáticos en su trayectoria económica y una minoría tiene tendencias ascendentes, la ocupación de su población es de trabajadores, empleados calificados, comerciantes y profesionales.



Fig. 1.D Unidad Habitacional Villas (FOVISSSTE) Av. Vallejo D.F.

Cabe mencionar que la contribución de las unidades habitacionales en la solución del problema de la vivienda mexicana, ha sido significativa ya que ha podido dar una organización adecuada (aprovechando el máximo espacio disponible) lo cual ha traído como consecuencia que las personas que ocupan las unidades habitacionales puedan vivir de una manera organizada; con todo esto se ha tratado de reducir que la gente habite en viviendas antiguas y que no tome áreas para convertirlas en asentamientos irregulares que, durante muchos años, le han dado una imagen muy desagradable a la Ciudad de México y a la zona Metropolitana. Así también la existencia de unidades habitacionales ha permitido albergar a una gran cantidad de habitantes teniendo como consecuencia el hecho de que la necesidad de vivienda sea cada vez mayor.

Aproximadamente el 15.5% de la población a nivel nacional según el censo más reciente, habita en unidades habitacionales; como respuesta a la creciente demanda de vivienda: Es necesario tener presente que, por el actual estado económico de México, con sus constantes devaluaciones la población que no cuenta con suficientes ingresos, no alcanza el pago de su vivienda, ni el gobierno cuenta con los recursos financieros para dotar de vivienda y servicios a la población.

Se considera que para erradicar el problema habitacional en la Ciudad de México entre otras medidas se tendría que:

- Descentralizar algunos servicios gubernamentales, con el objetivo de generar más fuentes de trabajo en comunidades del interior de la República, proporcionando la creación de nuevos centros habitacionales cercanos a los centros de trabajo para las comunidades (incluyendo la actividad industrial).
- Crear nuevas unidades habitacionales, abriendo más fuentes de financiamiento de acuerdo a los ingresos reales de la mayoría de los habitantes para ser sujetos de crédito quienes lo deseen, evitando que ese nuevo demandante de vivienda se asiente en lugares prohibidos.

1.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.

Concebimos a la unidad habitacional como un espacio destinado a la creación de vivienda de interés social, dotando de servicios necesarios para satisfacer las necesidades humanas, el cual no está limitada a un sólo tipo de vivienda, ya que puede ser austera o de lujo, pero siempre contará con servicios municipales y equipamiento urbano necesario, además con áreas de servicio, recreación y vías de comunicación.

Las unidades habitacionales, están enmarcadas en proyectos de vivienda construidos por organismos del sector público; la mayoría son bloques de apartamentos multifamiliares o de casas en hilera. El estándar de la construcción, de servicios domiciliarios y comunitarios son frecuentemente altos; los apartamentos tienen normalmente dos o tres recámaras que alojan familias comparativamente pequeñas, dado que la vivienda es normalmente ofrecida a trabajadores, empleados sindicalizados o agremiados, no existiendo aparentemente ninguna homogeneidad en lo que respecta a la edad de las familias y su composición. El tamaño de la población económicamente varía de clase media a clase alta, la mayoría de los residentes tienen una posición estable.

Una unidad habitacional a diferencia de una colonia proletaria, presenta un nivel adecuado en disponibilidad de servicios comunitarios, claro que esto depende de la localización de la unidad, pero generalmente se cuenta con estos servicios; estas unidades están conformadas por grupos con ingresos económicos relativamente variados, los cuales adoptan sistemas respecto a sus necesidades como policía, protección civil, protección contra incendios, salud, escuela, campos deportivos y recreación. Los proyectos de vivienda pública se construyen en forma de paquete y normalmente incluyen la mayor parte de los servicios básicos y comunitarios que se proporcionan junto con la vivienda, dependiendo el tamaño de la familia; cada sistema de vivienda cuenta con diferentes características particulares en cuanto al número de habitantes y la forma de agrupación social. La densidad de población oscila entre 100 y 800 personas por km². Debido al tipo de vivienda, el sistema de casa en hilera tiene menor densidad al igual que los edificios de 5 niveles sabiendo que una familia esta conformada de 4 a 6 elementos.

El tipo de vivienda y su superficie son características que se relacionan con el nivel de ingresos de la población, los conjuntos habitacionales cuentan con áreas convencionales que varían de acuerdo al número de recámaras y baños, así mismo disponen de amplias áreas de servicio.

De acuerdo con el tipo de proyecto, la vivienda del sector público presenta cierta variedad en el uso de suelo, el proyecto de casa en hilera tiene un patrón (uso de suelo para vivienda privada y lotificación) similar al de las colonias, aunque los conjuntos habitacionales de casas en hilera dedican mayor parte para los servicios a la comunidad, en estos proyectos entre el 50% y 70% del área total es para uso privado. Los tipos de vivienda que construye el sector público van desde proyectos habitacionales horizontales hasta verticales, el uso que se les da, es el de alojar a una sola familia, en lo que se refiere al sistema de construcción, en los grandes desarrollos habitacionales se emplea concreto armado con malla eléctrosoldada de acero, tubos y mangueras de PVC de alta resistencia a la temperatura y a las altas presiones hidráulicas ya que este tipo de materiales son los más usuales en el ramo de la construcción.

En lo que se refiere al costo de la vivienda, tenemos que uno de los mayores atributos lo compone el proyecto arquitectónico en el que está basado el conjunto habitacional, que analiza con cuidado y a detalle los siguientes factores:

- La producción de vivienda y su relación con la modernidad de su entorno.
- Los materiales empleados son de bajo costo y calidad aceptable.
- La vivienda se produce para ofrecerse en el mercado como producto terminado.

El precio varía de acuerdo a sus componentes constructivos y al lugar de ubicación; los apartamentos del sector público son de 45 a 100 m² de área habitable que consideran el valor de la tierra en los conjuntos habitacionales.

La más significativa ventaja de las unidades habitacionales, es la organización de la vivienda en espacios planeados, que de alguna manera ayudará a realizar un reacomodo de la población existente en las grandes ciudades.

Pero a la vez es una desventaja, que los estratos de menores recursos obtengan un crédito para vivienda, ya que provocan una sobrepoblación y ocasionan grandes concentraciones de gente, ésto debido a que cuando una vivienda esta planeada para ser habitada por 5 o 6 personas, las familias de bajos recursos cuentan con 10 y hasta 12 habitantes; incrementando en forma importante el crecimiento poblacional.



Fig. 1.E Unidad Vallejo de 12 pisos para (clase media) D.F.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA UNIDAD HABITACIONAL.

Es un conjunto de casas de interés social las cuales se denominan viviendas de bajo costo, económicas y populares, en donde la casa habitación es un espacio arquitectónico indispensable en la vida del hombre, cuyas funciones importantes son: recreación, relación, recuperación y servicios, ésta se ha ido modificando con el transcurso del tiempo, adaptándose a condiciones sociales, económicas y políticas, es así como la casa habitación va teniendo una función más restringida en cuanto a la necesidad de desarrollo del ser humano.

En la misma forma se manifiestan contradicciones entre la densificación de la vivienda y el tamaño de las familias, entre la estandarización y la diversidad y entre la vivienda multifamiliar y la unifamiliar.

1.2.1 CLASIFICACIÓN.

Se estima que actualmente el 73% de la población mexicana vive en ciudades y grandes zonas metropolitanas como son la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey; en donde la demanda no puede ser cubierta por el mercado abierto a la vivienda, cuyos precios están fuera de las posibilidades económicas de la población, lo que provoca un crecimiento poblacional en viviendas marginadas, ubicadas generalmente en asentamientos irregulares, construidas con materiales de baja calidad y sin los servicios urbanos esenciales.

Los programas de vivienda de interés social han buscado dar solución a esta dificultad, proporcionando vivienda económica subsidiada a diferentes sectores de la población (clase baja), el número de vivienda de los programas del sector público han ido creciendo y alcanzado actualmente más de 300,000 unidades anuales; a pesar de lo anterior, el déficit habitacional no ha podido ser abatido y está estimado actualmente entre 5 y 8 millones de viviendas, según las condiciones que se fijen para una calidad de vida adecuada.

La oferta de vivienda de interés social está condicionada esencialmente por la escasez de recursos económicos en la población y el sector público, pero también por la falta de disponibilidad de tierra apta para la construcción y para la infraestructura urbana correspondiente. Algunos programas tratan de alcanzar al sector de menos recursos en la población mediante acciones como la entrega de lotes con servicios y la autoconstrucción, donde estos programas han tenido un reducido impacto hasta ahora.

La población ha demostrado siempre una marcada preferencia por la vivienda unifamiliar construida con materiales convencionales; en donde la solución más frecuente, el tamaño de lote y el de la vivienda se han reducido con el transcurso del tiempo, actualmente una vivienda típica unifamiliar de interés social se ubica en un lote de alrededor de 100 m² y tiene 55 m² de construcción. En los grandes centros urbanos el costo de la tierra obliga a construcciones multifamiliares estas son típicamente edificadas de tres a cinco pisos y de dos a cuatro unidades por piso en donde el área construida por unidad es actualmente alrededor de 55 m².

Los sistemas constructivos utilizados en la vivienda de interés social han sido tradicionales, poco tecnificados e intensivos en mano de obra, donde uno de los atributos esenciales que deben poseer las construcciones, establece los requisitos que deben cumplirse y los procedimientos a seguir para la comprobación de la seguridad estructural.

El cambio que se requiere en el proyecto estructural de vivienda, puede tener un impacto significativo en su costo, ya que, al contrario de lo que sucede en otros tipos de edificios, el costo de la estructura representa una parte mayoritaria del costo total.

Todos las mejoras estructurales arrojan una clasificación en el tipo de vivienda de interés social, estableciendo diferentes tipos según el espacio construido:

- A) 45 m²
- B) 50 m²
- C) 55 m²
- D) Mayores de 55 m²



Fig. I.F Unidad Santo Tomas (INFONAVIT) colonia la Nueva Santa Maria departamentos tipo "A"

1.2.2 VIABILIDAD SOCIAL

Es de suma importancia realizar el análisis completo y detallado de los programas habitacionales, ya que es una parte delicada en el proceso de urbanización, debido a que se proporciona este servicio a la sociedad para cubrir las necesidades de una población cada vez más creciente, y que día con día se torna más complejo; es por ello la necesidad de analizar los factores primordiales que determinan el incremento poblacional, tanto sociales, culturales y económicos.

Debido a la escasez en términos territoriales, de zonas de uso habitacional en el área metropolitana y a la innumerable demanda de vivienda, se torna necesaria la planeación integral de programas de nuevos polos de desarrollo urbano, considerando entre las variables que determinan la factibilidad de uso de suelo el suministro de agua potable y la aceptación regional del proyecto, cuidando de observar e investigar el mercado y la impresión causada en la sociedad y sus posibles compradores, tomando en cuenta las costumbres lugareñas que

reflejan estudios de vida bien definidos; así también como el medio social en el que se desenvuelve la población, ya que si la vivienda ofrecida no contiene las condiciones en cuanto a servicios urbanos y de habitabilidad será muy poco probable su adquisición.

1.2.3 VIABILIDAD DEL ENTORNO FÍSICO.

Se analizan las condiciones existentes en el ámbito metropolitano para disponer de la información necesaria e integrar y desarrollar una unidad habitacional dentro del contexto existente, determinando aspectos tales como:

- Uso de suelo analizando la estructura urbana.
- Infraestructura existente en las zonas del proyecto.
- Establecimientos de servicios y equipamiento urbano para la comodidad de los habitantes.
- Transporte y vialidad urbana e incluso comunicación hacia centros turísticos de interés.
- Áreas críticas, problemáticas y de alto, mediano y bajo riesgo, para la unidad habitacional.
- Tenencia de la tierra, determinando el tipo de propiedad del área disponible para el asentamiento humano.
- Reglamentos que rigen los desarrollos controlados de la mancha urbana.

Con lo anterior se determina la magnitud, características, patrones de distribución y tendencias a seguir conforme el crecimiento urbano existente, la dotación de servicios e infraestructura y el equipamiento en las diferentes zonas territoriales de las áreas que considera el proyecto, contemplando obviamente el sistema ecológico urbano, las áreas de rescate y tomando en cuenta el régimen legal de propiedad. Conforme a las características territoriales que satisfagan plenamente un desarrollo habitacional o que faciliten el acomodo y adaptación de las unidades habitacionales en cualquier zona territorial de importancia debemos conocer que se cuenta con el equipamiento urbano suficiente para construir muchas viviendas en poco espacio.

1.2.4 VIABILIDAD ECONÓMICA.

Se menciona un sin número de cifras que representan carencias de las ciudades en relación a la vivienda, teniendo problemas para satisfacer la demanda, lo que aunado a la falta de recursos económicos en el país y al actual sistema de créditos bancarios, hace más difícil la solución de vivienda; es por eso que cualquier inversión que se haga en estos términos, debe tener un destino adecuado para proporcionar mayor satisfacción, apoyando a una parte de la población mediante inversiones en condiciones óptimas. Debido a las características económicas de la vivienda de interés social dentro de unidades habitacionales, se hace aún más necesario tomar este tipo de alternativa, para dar solución a la problemática de la vivienda actual.

De antemano se sabe que la demanda de mercado es mayor que la cantidad de recursos que podamos destinar para satisfacerlo, sin embargo es importante efectuar el estudio cualitativo para determinar las características de la vivienda ofrecida, con el fin de satisfacer más y mejor las necesidades, y tenga ésta mayor aceptación y la adjudicación por parte del adquirente sea rápida, estimulando la recuperación económica de la inversión y fomentando la construcción de más vivienda.

El conjunto, la casa, y el adquirente.

Es importante tomar en cuenta la ubicación del conjunto en función de la distancia hacia centros de servicios urbanos, el transporte para el cálculo del tiempo y costo para los futuros habitantes, el número de viviendas por construir y el programa de entrega de las mismas, armonizando el ritmo de construcción y terminación de la obra; con la promoción y la adjudicación buscando el mayor ahorro que se pueda obtener, reduciendo costos financieros y de mantenimiento ya que la recuperación anticipada por la recepción de enganches durante el periodo de construcción mejora los tiempos de edificación.



Fig. 1.6 Unidad Toreo en construcción de la segunda fase para clase media - alta.

1.2.5 VIABILIDAD POLÍTICA.

Los diferentes programas de desarrollo urbano por delegaciones y municipios, establecidos en las Secretarías de Obras de los diferentes gobiernos estatales y del Distrito Federal, consideran políticas que hacen viable la construcción de vivienda, ya no de tipo unifamiliar, sino plurifamiliares en el contexto y armonía arquitectónica de la unidad.

Los programas de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) plantean las siguientes políticas en términos generales, para el suministro de agua potable y la construcción de drenaje.

- Controlar el desordenado crecimiento poblacional, para hacer factible el suministro de servicios.
- La operación se debe realizar con eficacia y eficiencia considerando los componentes de los sistemas hidráulicos y de alcantarillado.
- Mantenimiento y desarrollo de la infraestructura.
- Vigencia de la reglamentación en la prestación de los servicios.

El programa de fomento económico marca una cierta normatividad con objeto de instrumentar políticas que respondan a demandas de la ciudadanía en materia de vivienda y desarrollo de la zona metropolitana, cuidando claramente las reservas ecológicas para no deteriorar aun más el medio ambiente, proponiendo una distribución adecuada del uso de suelo que permita la vinculación con programas económicos.

En el marco de las funciones de la Secretaría de Desarrollo Económico del D.F. y del Estado de México, se establece el fomento y la ejecución de proyectos de vivienda adicionando programas y líneas de acción con objetivos bien específicos de acuerdo a las posibilidades territoriales proponiendo:

- Coordinación y concentración del desarrollo económico.
- Protección de la planta productiva, el empleo y el ingreso familiar para la adquisición de la vivienda.
- Acuerdos microeconómicos (industriales y comerciales preferentemente).
- Modernización e integración del parque habitacional
- Integración sectores de actividad productiva.

En cuanto al equilibrio ecológico, son consideradas las disposiciones en el programa 1995–2000 para la mejora de la calidad del aire en el área metropolitana. Con relación a los aspectos de transporte y nuevo orden urbano se establecen políticas tendientes a la mejora y eficiencia ambiental promoviendo:

- Mejoramiento en el uso de suelo.
- El reciclaje urbano.
- La protección de zonas de rescate ecológico.

Estas disposiciones siguen vigentes para el año 2006 con respecto a la mejora de la calidad del aire en el área metropolitana.

1.2.6 DEMANDA ACTUAL.

La demanda de la vivienda analizada en esta tesis, se debe al acelerado proceso de urbanización que se ha venido presentando en los últimos años; ya que, para satisfacer la misma y evitar un mayor deterioro en las construcciones se han edificado 1.9 millones de viviendas y realizado importantes mejoras en 2.5 millones de estas, por medio del gobierno del D.F.

Gracias al INFONAVIT, al FONHAPO, a la banca privada y a los promotores financieros, se ha logrado estructurar un programa de desarrollo de vivienda que permitirá la construcción de 30 mil viviendas del 2005 al 2006, sobre una superficie territorial de un 1´000,520 m², el programa de vivienda propone llevar a cabo, una reforma estructural de las instituciones de vivienda para la diversificación de los servicios de financiamiento, mejorando su eficiencia y adecuarlos a los ingresos de las familias e impulsar la construcción siendo su costo de 130 veces al salario mínimo mensual vigente.

La demanda anual a escala nacional de vivienda nueva, es aproximadamente de 300 mil viviendas, donde el 20% es en el área metropolitana, el 50% a nivel nacional y el 30% se considera como de interés social; las cuales son construidas con créditos de diversas instituciones y son complementadas con recursos de la banca comercial.

La necesidad de vivienda es cada vez más importante, por lo que el INFONAVIT ha establecido reglas claras y respetables en lo que a los precios se refiere y con pagos puntuales, abatiendo trámites así como las cargas fiscales y todo aquello que aumente el costo de la vivienda. Las propuestas del ejecutivo proponen impulsar programas de financiamiento para que la construcción de vivienda de mediano y largo plazos supere al cambio sexenal, para los presentes años se estiman proyectos por 320 mil derechos de crédito pero también se realizarán contrataciones de 150 mil viviendas para construcción, las leyes locales de desarrollo urbano tratan de homologar las normas y reglamentos locales, con el objetivo de facilitar la inversión y financiamiento de organismos federales.



Fig. 1.H Unidad Habitacional Ceylan de 2500 departamentos abandonados por asentarse en zona federal.

1.3 URBANISMO ASPECTOS GENERALES.

Dentro del ámbito urbano se observan aspectos cualitativos en lo que respecta a la administración y políticas de desarrollo, como en el caso de la Dirección de Obras Públicas; que tiene la función de autorizar el trazo y lineamiento de calles y por otra parte el Consejo de Salubridad, que otorga la licencia de construcción y la de uso de suelo, por consiguiente es fundamental adecuar los espacios ya construidos dotando de infraestructura, equipamiento y servicio.

El mobiliario interno en unidades habitacionales en ocasiones obstruye visualmente espacios urbanos y por lo tanto deteriora la calidad espacial creando confusión visual, además de que puede provocar la obstaculización de circulación peatonal y vial, al estar mal colocados sobre banquetas, el exceso de postes y teléfonos dificulta la ubicación del mobiliario en las calles y el mal diseño del mismo dificulta sus usos.

Es necesario proporcionar identidad y seguridad a los usuarios de vías públicas, utilizando un mobiliario adecuado a la función y al espacio, buscando armonía urbana. La agrupación del mobiliario permite una fácil localización al usuario, en donde los elementos se deben colocar de acuerdo al uso, a las necesidades y a las actividades que se desarrollen en el sitio.

1.3.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Hoy en día nos encontramos en auge en lo que se refiere a los materiales de construcción, ya que tenemos nuevas técnicas tanto de control como de procesos constructivos, los cuales se tienen que apegar a las normas del Reglamento de Construcción de las Entidades Federativas, lo cual nos lleva a la creación de materiales más sofisticados que reemplazan a los ya existentes en el mercado como lo es por ejemplo el caso de los concretos.

Tenemos al concreto ligero celular que otorga beneficios, resultando una inversión provechosa porque presenta en su colocación características térmicas, acústicas, de resistencia al fuego y de ahorro de energía, en la República Mexicana existen desarrollos y unidades habitacionales construidas con este concreto, en donde la creación del concreto ligero celular tuvo el objetivo de mejorar el aspecto del concreto tradicional cubriendo necesidades de confort en las viviendas, teniendo beneficios técnicos y una mayor facilidad de trabajar con él, ya que como su nombre lo designa es aligerado.

Ángel Ponce Córdova, gerente de Ingeniería Estructural del Centro de Tecnología del Cemento y del Concreto de Cementos Mexicanos (CEMEX) explica que “el concreto ligero celular debe su nombre a que su estructura interna es una serie de espacios vacíos de aire o celulares, aunque estén compuestos de agua, grava y arena, su diferencia es el aditivo químico que provoca la reducción en el “peso volumétrico”.

¿Por qué utilizarlo?

Si bien su principal atractivo es su propiedad aislante del calor, el concreto ligero celular nos ofrece ventajas como:

- Permite reducir las cargas muertas en las estructuras.
- Su alta manejabilidad favorece las operaciones de colocación eliminando la aplicación de vibradores.
- Es muy resistente al fuego.
- Facilita el bombeo.
- Se puede aserrar y clavar con facilidad.
- Ofrece mayor resistencia a la tensión diagonal en muros.
- Aumenta la permeabilidad.
- Posee excelentes propiedades acústicas.
- Además, no es tóxico.

Este tipo de concreto se puede aplicar en nuevas construcciones; ya que para edificar una vivienda confortable, este material cumple con la función de aislamiento térmico, logrando beneficios para el usuario final, por que paga menos en cuestión de energía eléctrica por refrigeración o calefacción en el sentido de que hay menor consumo de energía, lo que redundaría en beneficio para el país. Desde el punto de vista de costos, hay que reconocer que el concreto convencional puede ser hasta 5% más barato que el ligero celular, pero este a largo plazo representa una mejor opción económica; ya que desde el punto de vista de la vivienda será más confortable térmicamente y entonces se tendrán menores consumos de energía eléctrica llegando a tener ahorros del 38% anual.

Actualmente los grupos del INFONAVIT y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDEAEE) encabezan un programa de ahorro de energía basado en la promoción de vivienda y construcciones con beneficios térmicos, en esta materia el concreto ligero celular representa una excelente opción.



Fig. 1.I Desarrollo habitacional 300 casas construidas con concreto ligero celular (Morelos, México)



Fig. 1.J Diferentes tipos de material tanto de construcción como tuberías eléctricas e hidro-sanitarias Expo Cihac 2005 Centro Cultural Banamex D.F.

Dentro de los sistemas más innovadores de construcción, encontramos a las cimbras de armazón metálica, las cuales constan de placas de acero y cruceros tubulares que se instalan repartiendo las presiones del concreto, el cual se puede vertir desde las zonas altas de las placas o por bombeo en los costados a través de orificios; cuando se requieren muros ahogados

y trabes aisladas. Las facilidades que estos nuevos sistemas brindan es el ahorro en terminados de cimbras de madera, ya que los acabados interiores o exteriores pueden colocarse directamente, así también la colocación de tuberías para electricidad y el curado de concreto lo hace ser más efectivo ya que guarda perfectamente la humedad dentro del cuerpo de la cimbra.

Otra ventaja es que la cimbra es movable y se llega a deslizar hacia la parte de arriba la cual puede ser colada 3 días después al piso consecutivo. Esta es una solución para el ahorro en la construcción y disminución en los costos de materiales básicos en obra, ya que la cimbra puede ser reutilizada y el proceso no se interrumpe por lo que los costos disminuyen, y las facilidades son aptas para la sociedad al adquirir una vivienda por medio de estos sistemas



Fig. 1.K Sistema de cimbras deslizables metálicas (Tultitlan Edo de Méx.)

1.3.2 SOPORTES

Están relacionados con los postes de iluminación, los cuales son fabricados de madera, acero y concreto, siendo los de concreto los más utilizados debido a su vida útil por lo que resultan ser más económicos, estos por lo general son de 4 a 12 m de altura. Estos elementos tienen la función de proteger a los usuarios en la vía pública y deben de ubicarse en aquellos lugares donde no impliquen riesgos, proporcionando niveles de iluminación que permitan el tránsito seguro de los usuarios.

Dependiendo del tipo de calle y el ancho de ésta, se colocarán los soportes, donde presenta una separación regularmente de 35.00 m y la altura es variable. Los postes de alumbrado público se localizan sobre ejes viales, y se deben de ajustar a la presencia de árboles, no obstruyendo la visibilidad de señalamientos viales evitando que refleje la proyección del haz luminoso sobre las fachadas.



Fig. I.L Postes eléctricos con iluminación de bajo costo, los focos son ahorradores no generan calentamiento Expo Cihac 2005 Centro Cultural Banamex D.F.

1.3.3 SERVICIOS

TELÉFONO: Uno de los medios que apoya a las comunidades y a las comunicaciones es el teléfono, para el cual recomendamos:

- Un espaciamiento de 200 m pero también dependerá de la densidad comercial y habitacional.
- En unidades habitacionales de baja densidad el espaciamiento recomendable es a cada 400m.
- Estará ubicado en zonas iluminadas.
- Se localizarán en áreas con menor ruido.
- Se localizarán en gasolineras, farmacias, restaurantes, oficinas, hospitales, zonas de comercio y escuelas.

En el sistema de transporte colectivo aledaño al lugar deberán las unidades telefónicas ser de cubierta de acrílico o metálica para la protección contra el intemperismo, considerando:

- Localizarse en ejes viales.
- Evitando su ubicación en los cruces.
- Que no obstruyan señalamientos.



Fig. I.M Parada de colectivo en avenida Adolfo López Mateos Naucalpan Edo. de Méx.

1.3.4 PAVIMENTOS.

Las características principales de la forma de pavimentos urbanos o de piso son:

- La escala (el espesor de cada una de las capas está establecido por normas) color y textura.
- La función principal de la carpeta asfáltica es soportar el peso de los automóviles y de camiones pesados de todo tipo, también proporciona una superficie de rodamiento uniforme y rápida.

BANQUETAS: Es la porción de la corona de una calle destinada al tránsito de personas, generalmente comprendida entre la vía de circulación de vehículos y el alineamientos de propiedades inmuebles.



Fig. I.N Banqueta de concreto hidráulico con textura
Unidad los Reyes Estado de México.

GUARNICIONES: Son estructuras de concreto generalmente que tienen por objeto delimitar las áreas de tránsito vehicular y peatonal. La función principal de la guarnición es la de proporcionar el funcionamiento del desagüe pluvial a la avenida delineando el borde de la misma.



Fig.I.Ñ Guarniciones prefabricadas de fácil colocación
Unidad los Reyes, Estado de México.

ARROYO: Es la porción de la calle destinada para dar servicio al tránsito vehicular. El ancho de la superficie pavimentada y el ancho del camellón son los dos elementos que determinan el ancho del mismo.



Fig. 1.0 Arroyo vehicular de concreto hidráulico y malla electro soldada.
Av. Los Arcos Naucalpan Edo. de Méx.

1.3.5 SEMÁFOROS

Su función principal es la de permitir el paso alternado a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo a su vez el uso ordenado y seguro del espacio disponible en la vía pública con respecto a los peatones; existen dos tipos de semáforos para flujo vehicular y para flujo peatonal. Para su colocación debemos de tomar estas referencias:

- Para cada sentido de tránsito en una intersección se instalarán dos caras de semáforo.
- Se instalará en la parte de enfrente del acceso.
- La altura libre de los semáforos del piso a la parte inferior de la cara del semáforo será de 2.40 m. a 4.00 m. como máximo.



Fig. 1.P Semáforo peatonal y semáforo vehicular ubicado en Av. San Juan Totoltepec.
Estado de México.

1.3.6 SEÑALAMIENTOS

Cada vez más, los usuarios dependen de los dispositivos de control de circulación para su protección, por lo anterior todo proyecto de diseño urbano debe de contar con un sistema de señales necesarias para la seguridad en el traslado vehicular y peatonal.

Existen dos grandes grupos de señales de acuerdo al tipo de usuario:

- Viales.
- Peatonales.

Existen también señales preventivas las cuales advierten al usuario la existencia y naturaleza de un peligro.

- Intersección de caminos.
- Escuelas y cruces peatonales.
- Reducción o aumento de carriles.

Existen señales restrictivas las cuales indican a los usuarios la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias.

- Limitación de dimensiones y pesos de vehículos.
- El derecho al paso.
- Movimientos direccionales.
- La prohibición del paso a ciertos vehículos.
- La restricción a peatones.
- El no estacionarse.

Existen señales informativas las cuales guían a los conductores y peatones en forma ordenada y segura a lo largo de su recorrido e informan sobre poblados, calles o lugares de interés.

- Hoteles.
- Escuelas.
- Restaurantes.
- Tomas de agua.
- Parques.

1.3.7 PROTECTORES

Lo integran elementos destinados a la protección del usuario y vegetación del tránsito vehicular, se encuentran en la vía pública y deben de ubicarse en los sitios que no implique riesgo de contacto entre el peatón, el vehículo y las áreas verdes.

PROTECTOR PARA PEATONES: Son conocidas comúnmente como barandales y deberán de ser diseñadas para brindar confianza al usuario con respecto a la vialidad vehicular. Se recomienda en donde la conglomeración es alta.



Fig. I.Q Protectores metálicos ubicados en Av. San Juan Totoltepec Estado de México.

ARRIATES : Son protecciones para los árboles a los cuales se les pueden agregar enrejados y se integran al diseño del piso.



Fig. I.R Protector metálico y de concreto Unidad Candelaria (D.F.)

PROTECTORES PARA ÁREAS VERDES: Deberán utilizarse para evitar que las áreas verdes sean invadidas en forma indiscriminada por los usuarios de la vía pública, estos protectores podrán ser de acero, concreto u otro material resistente.



Fig. I.S Protector de varilla y roca Unidad Maravillas Iztapalapa D.F..

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.1 LA NECESIDAD DEL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

El conocimiento en años recientes de los efectos acumulativos de la contaminación, han llevado a una mayor preocupación general y a una legislación cada vez más estricta en lo que concierne a la descarga de residuos (industriales, líquidos y gaseosos). Actualmente es necesario considerar un costo por el tratamiento de las aguas residuales, que parece tener en el corto plazo un pago adicional molesto e improductivo que no satisface a la ciudadanía; tal es el caso de la industria química la cual es fundamental para la economía de cualquier país industrializado y su costo adicional se refleja en el artículo manufacturado. Los productos residuales tienen que ser descargados en algún tipo de corriente de agua, como un río, canal, estuario o el mar. Cuando las aguas residuales descargadas no han sido del todo tratadas, o en forma insuficiente, el resultado será la contaminación de las corrientes de agua. La prevención de la contaminación en las corrientes tiene obviamente un valor estético, pero también presentan sólidas razones económicas y de salud. El agua es una materia prima esencial para la existencia de vida y de numerosos procesos industriales por lo que es un recurso vital.

En la industria química, se usa el agua como solvente, como medio de reacción y de transferencia de calor; en la industria alimentaria y cervecera constituye un elemento importante de muchos procesos como lo es el lavado de granos y cebada; así también para la preparación de los conservadores y la eliminación de merma. En algunos procesos la demanda de suministro externo de agua se puede reducir utilizando sistemas de enfriamiento de circuito cerrado y el requerimiento de agua será entonces, sólo la cantidad necesaria para compensar las pérdidas por fugas y el enfriamiento evaporativo, en donde una correcta administración incluyendo el tratamiento y la reutilización del agua residual puede permitir ahorros en el costo de la compra de agua de alta calidad o potable, reduciendo la dependencia del proceso sobre los suministros externos.

Una investigación del uso de agua dentro de una planta de procesos, mostrará áreas en donde existan posibilidades de modificar los métodos de producción a fin de disminuir los requerimientos de agua y la carga de contaminación impuestas por los residuos obtenidos, o el uso de reactivos que hagan sus corrientes de agua más apropiadas a la purificación y su reutilización, se pretende, por otra parte, recurrir a detergentes biodegradables para la limpieza y sustituir a los ácidos minerales por ácidos orgánicos.

2.2 PROBLEMÁTICA GENERAL DE AGUAS RESIDUALES.

Las aguas residuales plantean el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años, ya que éstas producen una serie de alteraciones ecológicas debido a los diversos productos que contienen y a que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de

asimilarlas. La capacidad de autodepuración de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene freno en el momento actual. Es decir, el volumen de agua residual depurada no alcanza el nivel que debería tener para compensar la diferencia que existe con la capacidad de autodepuración de los ríos.

Por lo que se refiere a los vertidos a zonas marinas, el problema es similar al descrito anteriormente, ya que el mar tiene una capacidad de autodepuración limitada, que hace que las costas lleguen a saturarse en lo que se refiere a contaminantes; el problema existe tanto en aguas continentales como en las marinas próximas a las costas en todo el país. Un caso muy sencillo de contaminación es el que se refiere a las aguas usadas por una comunidad sin residuos industriales, es decir, el de las aguas puramente domésticas. La perturbación que provoca este tipo de aguas, se manifiestan principalmente por la disminución de oxígeno en los microorganismos, que se origina mediante el aporte de desechos humanos y animales, residuos domésticos, vegetales, agua de lluvia, aguas de lavado, etc. Este tipo de vertidos presentan las posibilidades de ser utilizados como fertilizantes de suelo, como elementos de mejora en ciertas zonas de cultivo o simplemente aportándolos al terreno de manera que, mediante el sistema de infiltración, este suelo permita depurar y tratar el agua residual.



Fig. 2.A A la izquierda, pozo de bombeo Río Hondo, desviando agua del DF hacia el Río de los Remedios en Naucalpan Edo. de Méx. A la derecha, agua residual urbana vertiendo al canal San Lorenzo Naucalpan Edo. de Méx.

En la gestión de las aguas residuales urbanas se deben de tener en cuenta tres factores o elementos fundamentales:

- El primero esta relacionado con la calidad del medio ambiente, en donde las aguas residuales deben de ser manejadas de forma que no contaminen el aire, el suelo o los cursos o masas de agua. Así pues no deberán ser utilizadas de forma que, introduzcan productos tóxicos o que puedan presentar problemas patológicos sobre todo en lo que se refiere a las cadenas alimentarias.
- El segundo elemento está relacionado con la crisis de energía, en donde hasta ahora prácticamente se había observado y analizando muy poco el residuo orgánico como una fuente potencial de energía, ahora la gestión de las aguas residuales se puede observar, en términos de energía, tanto industrial como económico o social. como la de suministros a zonas

- El tercer elemento es la crisis alimentaria ya que en el mundo se está planteando el desequilibrio ecológico y la producción de alimentos se está reduciendo; a causa de la mala distribución poblacional ocupando zonas de cultivo para convertirlas en zonas urbanas.

Por lo tanto, todo lo que sea aportar materia orgánica y nutrientes a la tierra para la producción de los vegetales, implica una mayor producción de alimentos y una mayor posibilidad de conservar los recursos del suelo para la generación de energía; en lo que se refiere a este último proceso es típica la mentalización creciente que existe en muchos países por medio de sus pobladores para la aplicación de biomasa como fuente de energía mejorando las cosechas y granos para el consumo humano.

Lo que debemos hacer es utilizar todos los elementos de trabajo de forma adecuada y razonada, adaptándolos a las acciones que paralelamente se puedan realizar en la naturaleza, y que se consiga el tratamiento o la depuración de agua de manera rápida, buena y efectiva.

2.3 AGUA RESIDUAL URBANA.

2.3.1 ORIGEN Y CARGA DE LAS AGUAS URBANAS.

Se llaman aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana; que llevan en su composición gran parte de agua, sólidos orgánicos y sustancias diluidas, y que generalmente son vertidos a cursos o masas de agua continentales o marítimas.

Las aguas residuales urbanas presentan tipos de contaminantes muy variados, hecho que nos impide retener a las aguas residuales dentro de un contenedor y llevar a cabo un solo proceso de tratamiento, siempre estamos orientados hacia los sistemas de tratamiento convencionales que se dan a conocer, sobre todo los que se pondrán en marcha para el tratamiento de diferentes tipos de agua.

2.3.2 EXCRETAS.

Son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentales presentando las siguientes composiciones:

- a) Deyecciones sólidas:

Se componen principalmente de agua, celulosa, lípidos, proteínas, y materia orgánica en general, que en forma de elementos forman compuestos de gran interés agrario y corresponden a porcentajes de hasta 30% de (Nitrógeno) N, 3% de (Hidróxido de Fósforo) PO_4H_3 y de 6% de (Oxido de Potasio) K_2O .

Cuando son expulsadas las heces, aparece un principio de putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas tanto alimenticias como aquellas que provienen de secreciones y restos de mucosas intestinales. Asimismo se presentan descarboxilaciones de aminoácidos que

producen lisina, tiroxina, aminas, etc. y desaminaciones con desprendimientos de N (Nitrógeno).

Al formarse el escatol, fenol, indol, paracresol, y otros compuestos, aparecen olores desagradables, y al mismo tiempo ocurre la descomposición de ciertas proteínas, como la cisteína, que producen SH₂ (hidróxido de azufre) y mercaptanos.

b) Vertidos líquidos:

Tabla 2.1 La orina contiene la composición media indicada como se observa a continuación, las concentraciones están en g/l. .

CATIONES	ANIONES	PIGMENTOS	Ph - 6	COMPUESTOS ORGÁNICOS
Na 6.0	Cl 8.6	Urocromo	Cl Na	Urea [CO (NH ₂) ₂] 30
K 2.7	SO ₄ 2.2	Urobilina	13 gr/24 h	Ácido hipúrico 1.3
NH ₄ 0.8	PO ₄ 3.8	Uroportirina	CLK	Creatinina 1.8
Ca 5.3		Etc.		Ácido úrico 0.7
Mg 0.15				Bases púricas 0.3
				Aminoácidos 0.5
				Alcoholes
				Glúcidos
				Ácidos grasos 0.5

El sistema hidráulico del W.C., pasa por las instalaciones de las casas hasta las alcantarillas y la red urbana de evacuación. Este tipo de vertido es el más importante por sus características de composición y concentración, que hacen que sean los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de sistemas de depuración de aguas residuales urbanas.

2.3.3 RESIDUOS DOMÉSTICOS.

Son los que proceden de la evacuación de residuos y manipulación de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales, vegetales, detergentes y partículas) de los lavaderos domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, sales, etc.) de la actividad general en la vivienda (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y que se recogen en la limpieza de la habitación humana.



Fig. 2.B Residuos domésticos orgánicos

2.3.4 *ARRASTRES POR LLUVIAS.*

Al caer la lluvia sobre una ciudad arrastrará partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, es decir, hollín, polvo de ladrillo, cemento, esporas, polvo orgánico e inorgánico de tejados; partículas sólidas, hidrocarburos de la vía pública; restos de vegetales y animales, partículas sólidas de parques y jardines, etc.

Si la precipitación es suficiente, los arrastres se efectuarán hasta la red de drenaje y, aparte de los componentes extraños, el volumen de agua es tal que se producen diluciones con organismos biológicos y químicos los cuales cuentan en los procesos de depuración de éstas aguas .



Fig.2.C Los arrastres de lluvia contienen materiales sólidos, tierras y minerales los cuales son llevados a las alcantarillas pluviales urbanas las cuales son mezcladas con aguas negras.

2.3.5 *INFILTRACIONES.*

A veces las zonas verdes urbanas, son las componentes del suelo que permiten el paso de las aguas de arrastre hacia los acuíferos, los cuales presentan peligro de contaminación.

Normalmente, las redes de drenaje de las aguas residuales son subterráneas por medio de una red de tubería, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvia u otras causas, existen peligros de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por peso gravitatorio normal; por lo que sufren deterioro los cuerpos receptores de agua dulce.



Fig. 2.D Las infiltraciones se dan principalmente en las zonas boscosas, en las cuales se construyen canaletas para desviar el agua de los acuíferos, ya que estas llevan grandes cantidades de sales y minerales los cuales dañan los sistemas hídricos; se ubican en la reserva ecológica del Bosque de los Remedios Naucalpan Edo. de Méx.

2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Generalmente las aguas residuales contienen sólidos disueltos, sólidos en suspensión y sólidos en flotación, que normalmente no pasan de 1,000 ppm (partes por millón) del total, aunque su tratamiento en plantas depuradoras necesitan de instalaciones especiales.

2.4.1 Según su composición:

a) Sólidos orgánicos.

Ya se han indicado los orígenes de las aguas con partículas vegetales o animales, que son sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales y que en ocasiones contienen compuestos orgánicos sintéticos; glúcidos, lípidos, proteínas y sus derivados (son los grandes grupos de esta clase), estos son biodegradables y su eliminación por combustión es relativamente sencilla.



Fig. 2.E Canal de San Lorenzo Naucalpan Edo. de Méx.

b) Sólidos inorgánicos.

Se incluyen en este grupo todos los sólidos de origen generalmente mineral, como son sales minerales, arcillas, lodos, arenas y gravas, y ciertos compuestos como sulfatos, carbonatos, etc. que pueden sufrir algunas transformaciones (fenómenos de oxido-reducción y otros).



Fig. 2.F Material inorgánico, sólidos sedimentados Río de los Remedios Naucalpan Edo. de Méx.

2.4.2 Según su presentación:

2.4.2.1 Sólidos sedimentables.

Son las partículas más gruesas que se depositan por gravedad en el fondo de los receptores, su análisis se realiza por volumetría y gravimetría previa decantación. Se componen de 70% de sólidos orgánicos y 30% de sólidos inorgánicos.



Fig. 2.G Material sedimentado canal de Río Hondo Naucalpan Edo de Méx.

2.4.2.2 Sólidos en suspensión.

Son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc. y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos, como arcillas y arenas las cuales son retiradas por medio de filtros o rastrillos manuales. Generalmente se componen de 68% de sólidos orgánicos y 32% de sólidos inorgánicos.



Fig. 2.H Materiales flotantes en donde se encuentra materia orgánica e inorgánica Río de los Remedios.

2.4.2.3 Disoluciones coloidales.

Están formadas por partículas de tamaño intermedio entre las disoluciones verdaderas y el de las partículas en suspensión $1 \text{ m } \mu < \phi < 0.2 \text{ m } \mu$. Aun estos límites son arbitrarios y se fijan por conveniencia. La fase dispersa puede comprender hasta 40% de los sólidos totales y suelen estar formados por coloides liófilos, es decir, por sales estables, una pequeña parte lo constituyen los elementos casi sedimentables.

Se calcula que están constituidos por 75% de componentes orgánicos y 25% de componentes inorgánicos; siendo fácilmente degradables y teniendo gran capacidad de absorción, circunstancia que hay que tener en cuenta en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.4.2.4 Sólidos disueltos.

Se incluyen en este grupo todos aquellos sólidos que reaccionan y se diluyen al tener contacto con el agua de los cuales una pequeña parte está constituida por coloides en un 10%, sabiendo que su proporción es de 40% de productos inorgánicos y 60% de productos orgánicos.

2.5 PROPIEDADES DE LAS AGUAS RESIDUALES

2.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS.

Las propiedades físicas son las que observamos simplemente en el agua y son relativamente fáciles de cuantificar, algunas de las cuales se pueden medir rápidamente. Dichas propiedades físicas son las siguientes:

- Color
- Temperatura
- Sabor y olor
- Turbidez
- Contenido de sólidos
- Conductividad eléctrica

Estas propiedades son derivadas en su mayor parte según sea el contenido total de sólidos en sus diferentes materiales flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos. Los sólidos pueden plantear problemas cuando las aguas residuales son tratadas mediante sistemas ineficientes, debido a la baja capacidad de filtrarse en los poros del suelo y de llegar a establecer costras sobre la superficies de los terrenos.

Color.

El agua en su estado natural no es incolora, en grandes volúmenes tienen un tinte de color azul verdoso pálido ocasionado por la luz y su refracción. El color amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a los ácidos orgánicos. Las aguas superficiales son coloreadas cuando han tenido contacto con desperdicios orgánicos en estado de descomposición, pero se considera que el mayor aporte de color a las aguas superficiales se debe a los taninos y a los ácidos húmicos provenientes de la descomposición de la lignina. También puede provenir de la presencia de metales o de desechos industriales de color intenso. De acuerdo a su origen existen dos clases de color: el orgánico y el inorgánico.

Es necesario diferenciar entre el color verdadero y el color aparente: el color aparente es causado por partículas en suspensión que están cargadas negativamente y su remoción se efectúa por medio de la coagulación. El color verdadero es causado por sustancias disueltas de naturaleza orgánica y su remoción es muy compleja. El agua residual reciente suele ser gris cuando los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias; si el oxígeno disuelto en el agua es reducido a cero el color cambia a negro. En algunas industrias se le añade color a las aguas residuales.

La determinación del color se hace por medios colorimétricos, los cuales se obtienen utilizando soluciones estándares arbitrarias, elaboradas a partir de cloroplatinato de potasio teñidas con pequeñas cantidades de cloruro de cobalto, que producen colores muy similares a los colores naturales que se encuentran en las aguas. La unidad de color (UC) es la que se obtiene agregando 1 mg de platino como cloroplatinato de potasio a un litro de agua destilada. Para eliminar la preparación de patrones se han desarrollado diferentes instrumentos de medición

que utilizan discos con vidrios coloreados, o equipos más precisos aún como los espectrofotómetros.

Estudios recientes han comprobado que la aplicación de cloro como desinfectante, en presencia de color orgánico ocasionado por ácidos húmicos, da origen a la formación de trihalometanos, compuestos que han tenido efectos cancerígenos en animales. El cloroformo causa estos efectos dañinos en animales de experimentación, por esta razón, la aplicación de cloro como agente esterilizante se debe hacer después de que el color haya sido removido para evitar la posible formación de estos trihalometanos. Aunque no existe ninguna correlación entre el color y la contaminación, el usuario asocia su presencia con ella.

El color de los efluentes urbanos producen ciertos efectos sobre las aguas, generalmente la coloración es indicadora de la concentración y disposición de las aguas contaminadas pudiendo variar los colores de gris a negro; en la medida que este más intenso la capacidad de absorción de energía solar sobre la superficie del agua elevará la temperatura del agua y del suelo.



Fig. 2.1 Aguas con alto contenido de sales y espumas Río Hondo Naucalpan Edo. de Méx.

Temperatura.

Está determinada por múltiples factores que la hacen variar continuamente. La temperatura del agua residual es generalmente más alta que la del agua de suministro, debido a la adición de agua caliente procedente de las casas y de las actividades industriales. Se debe tener en cuenta que la temperatura es un factor muy importante porque actúa como elemento que retarda o acelera la actividad biológica, la absorción del oxígeno y los procesos generales de tratamiento.

La temperatura alta intensifica el desarrollo de microorganismos y suele aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. Las bajas temperaturas en el agua influyen negativamente en los procesos normales de tratamiento. La temperatura de los afluentes urbanos no plantea graves problemas, ya que oscilan entre 10 °C y 20 °C, facilitando así el desarrollo de la fauna bacteriana y de flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno, y en cualquier tipo de tratamiento biológico.

Sabor y olor.

Las características de sabor y olor son organolépticas pues una sensación de sabor proviene de la combinación del gusto y el olor; son propiedades subjetivas difíciles de medir y se deben a impurezas disueltas frecuentemente de origen orgánico.

Normalmente los olores se producen por los gases generados por la descomposición de la materia orgánica. El agua residual cruda tiene un olor no desagradable y más tolerable que el agua residual séptica, ya que en esta se encuentra el sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios.

Los olores constituyen el principal motivo de rechazo del público a las instalaciones de tratamiento de agua residual. Los olores molestos pueden disminuir el apetito, inducir a menores consumos de agua, problemas de respiración, náuseas y vómitos.

El sabor y el olor son propiedades y características que pueden estar presentes en aguas corrientes, o en reposo. Las aguas subterráneas rara vez poseen características de sabor y olor perceptibles, a menos que tengan sales disueltas en exceso. Las alteraciones en el sabor del agua de un sistema de abastecimiento, pueden ser un indicio de cambios en la calidad de la fuente de agua natural o de deficiencias del tratamiento. Por esta razón el agua de consumo humano debe estar exenta de olor y sabor, su eliminación puede realizarse con procesos como la aireación, absorción o adsorción.

El olor causado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica es debido, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico, indol, escatoles, marcaptanos y otras sustancias volátiles los cuales son eliminados por aireación o por aspersion del agua en los diferentes sistemas biológicos que se estén tratando.

Turbiedad.

Es la propiedad de transmisión de luz en el agua, la presencia de sólidos coloidales le da al líquido una apariencia nebulosa que es poco atractiva y puede ser dañina. La turbiedad en el agua puede ser causada por partículas de arcilla y limo, descargas de aguas residuales, desechos industriales o la presencia de microorganismos; es una característica propia de las aguas corrientes, que es baja en las aguas en reposo.

La medición de la turbiedad puede hacerse por métodos visuales o instrumentales, se relaciona la turbiedad con la interferencia causada por las partículas al paso de la luz, y el instrumental usa la nefelometría para medir la intensidad de luz dispersa por las partículas.

Debido a las diferencias entre los variados procedimientos, el método instrumental se expresa en unidades de turbiedad nefelométrica (UTN) y el método visual en UT. La UT es una unidad arbitraria que se relaciona con la turbiedad causada por 1 mg de Silicato de Yodo SiO₂·l.

Sólidos.

Estos pueden estar en suspensión o en solución. Los sólidos disueltos totales (SDT) se deben a materiales solubles, mientras que los sólidos en suspensión (SS) son partículas discretas que se pueden cuantificar al filtrar una muestra a través de un papel fino. Los sólidos sedimentables son removidos en un procedimiento estándar de sedimentación y retirados con rastrillos mecánicos o manuales

Conductividad eléctrica.

La conductividad de una solución depende de la cantidad de sales disueltas presentes, para soluciones diluidas es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos disueltos totales.

$$k = \frac{\text{conductividad (s/m)}}{\text{SDT (mg/l)}}$$

en donde:

s = segundos
m = metro
mg = miligramo
l = litro

SDT = Sólidos Disueltos Totales

Si se conoce el valor de k para un agua en particular, la medición de la conductividad da una indicación rápida de los sólidos disueltos totales.

2.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS.

Las propiedades químicas del agua residual tienen una gran importancia debido a que interactúan con las partículas del suelo variando el valor de cada parámetro. Esto nos obliga a considerar que las modificaciones a provocar en el agua residual tienen que poseer un sentido de equilibrio que evite en cualquier forma que un componente se convierta en un factor limitante de crecimiento en los procesos biológicos que queremos aplicar.

Las propiedades químicas de las aguas residuales son proporcionadas por componentes que podemos agrupar en categorías según su naturaleza:

- Materia orgánica.
- Potencial de hidrógeno "ph"
- Salinidad
- Acidez
- Alcalinidad
- Dureza
- Oxígeno disuelto
- Demanda de Oxígeno

Materia orgánica.

La materia orgánica está tanto en disolución como en suspensión, presentando una composición más o menos homogénea, encontrándose de forma predominante como: proteínas, hidratos de carbono, algunos aceites y grasas. En esta distribución no podemos olvidar los compuestos citados como fenoles y plaguicidas.

La distribución de esta materia orgánica es muy importante respecto a las características organolépticas del agua y algunas propiedades físicas como la densidad y turbidez, o químicas como el pH, de este modo podemos comprender que a bajas concentraciones de un determinado compuesto orgánico puede denominarse toxicidad en un suelo si se aplican sistemas de vertidos agrarios.



Fig. 2.J Vertido de aceites e hidrocarburos a la laguna de tarasquillo a 1 Km. antes del Río Lerma Edo de Méx.

Potencial de hidrógeno "pH".

La intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra se mide en la escala del pH (0 a 14), que en realidad mide la concentración de iones de hidrógeno presentes, es un parámetro importante de calidad, tanto en aguas naturales como en aguas residuales. Lo que resulta en una escala de 0 a 14 y 7 como neutralidad, siendo ácido por debajo de 7 y alcalino por arriba de 7.

El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica normalmente se restringe a una escala de pH, entre 6 y 8.

El pH es importante porque tiene efecto sobre el proceso de tratamiento, no se puede afirmar que tiene efectos sobre la salud, pero afecta la desinfección con cloro y se liga a fenómenos de corrosión e incrustación en las redes de distribución de agua potable, generalmente las aguas naturales presentan un pH por debajo de 7.

En la siguiente lista de valores, las concentraciones de iones Hidrógeno aparecen como múltiplos de diez:

Concentración iónica en gramos de Iones Hidrógeno (H) por litro de solución.		Valor de pH.
1.0		0
0.1		1
0.01		2
0.001		3
0.0001		4
0.00001		5
0.000001		6
0.0000001	NEUTRA	7
0.00000001		8
0.000000001		9
0.0000000001		10
0.00000000001		11
0.000000000001		12
0.0000000000001		13
0.00000000000001		14

Salinidad.

El conjunto de sales disueltas en el agua se forma principalmente por bicarbonatos, cloruros, sulfatos y otras sales, que le confieren un sabor salino y propiedades laxantes. El contenido de cloruros es indicador de contaminación por residuos domésticos, o que el agua ha tenido un recorrido sobre terrenos salinos o en acuíferos. De modo general una salinidad excesiva es más propia de aguas profundas que de las aguas superficiales.

Acidez.

La mayoría de las aguas naturales y las aguas residuales domésticas son amortiguadas por un tratamiento de (Bióxido de Carbono) CO_2 – (Ácido Carbónico) H_2CO_3 . El ácido carbónico no se neutraliza totalmente hasta un pH de 8.2 y no disminuye el pH por debajo de 4.5. Así, la acidez del CO_2 ocurre dentro de un pH de 8.2 a 4.5, la acidez mineral se presenta por debajo de un pH de 4.5.

Alcalinidad.

Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos y es función del pH, de la composición mineral, de la temperatura y de la fuerza iónica. La alcalinidad se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio o potasio. La alcalinidad natural en las aguas la causa el bicarbonato (HCO_3) producido por el agua subterránea en piedra caliza o yeso; es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque amortigua los cambios de pH.

La alcalinidad es importante en el tratamiento porque reacciona con coagulantes para dar origen al proceso de floculación. Tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y si se presenta en cantidades altas, tiene además efectos sobre el sabor. En la práctica, la determinación de alcalinidad y la verificación de su forma (como hidróxido, carbonato o bicarbonato) se hace con el uso de dos indicadores: fenolftaleína y anaranjado de metilo.

Dureza.

Se debe a los iones metálicos Calcio Ca y Magnesio Mg, aunque también son responsables el (Fierro) Fe y (Estroncio) Sr. Los metales están asociados con (Bicarbonato) HCO_3 , (Sulfato) SO_4 , (Cloro) Cl y (Nitrato) NO_3 que no presentan riesgo para la salud, pero las desventajas económicas del agua dura incluyen un consumo excesivo de jabón y costos más altos en combustibles. La dureza se expresa en términos de (Carbonato de Calcio) CaCO_3 y se divide en dos formas: dureza de carbonato y dureza de no carbonatos.

Existen indicios de que los índices de mortalidad por enfermedades cardiovasculares se relacionan inversamente con la dureza del agua. Por otra parte, se ha encontrado que el viajero que repentinamente cambia de agua blanda a agua dura o viceversa, puede sufrir temporalmente trastornos gastrointestinales simples.

Tabla 2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN EL GRADO DE DUREZA

GRADO DE DUREZA	DENOMINACIÓN
< 50 mg/l	Muy blanda
50 – 100 mg/l	Blanda
100 – 200 mg/l	Medianamente dura
200 – 300 mg/l	Dura
> 300 mg/l	Muy dura

(en mg de CaCO_3)

Oxígeno disuelto.

Es un elemento necesario para oxidar otros elementos y contribuir a su eliminación posterior, su ausencia o baja concentración en el agua, puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica y una actividad bacteriana intensa. Su presencia es esencial para mantener la vida acuática, sin embargo el oxígeno es poco soluble en el agua.

El oxígeno contribuye a la oxidación de accesorios que constituyen un sistema de purificación, incluyendo las redes metálicas de distribución. A pesar de esto, es preferible contar con agua que contenga oxígeno en un punto cercano al de saturación.

Demanda de oxígeno.

Los compuestos orgánicos por lo regular son inestables y pueden oxidarse biológica y químicamente para obtener productos finales estables relativamente inertes, como el CO_2 , NO_3 .

Se puede medir la cantidad de oxígeno que se requiere para la estabilización, mediante los siguientes parámetros:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Mide la cantidad de Oxígeno que requieren los microorganismos mientras descomponen la materia orgánica.
- b) Valor del Permanganato (VP). Es la oxidación química que usa una solución de permanganato de potasio.
- c) Demanda Química de Oxígeno (DQO). La oxidación química que usa una mezcla hirviendo de dicromato de potasio y ácido sulfhídrico concentrado.

La magnitud de los resultados obtenidos normalmente es $\text{VP} < \text{DBO} < \text{DQO}$. La materia orgánica se puede determinar directamente como Carbón Orgánico Total (COT) por técnicas especializadas de combustión o por la capacidad de absorción de rayos ultravioleta (UV) de la muestra.

Existen elementos, como el nitrógeno, que se encuentran bajo diferentes formas; el nitrógeno orgánico puede aparecer como amonio en los nitratos orgánicos y en los nitritos. La presencia de nitritos es muy importante cuando se aplican a sistemas de vertidos de suelo, además presenta la capacidad de eutrofización que desarrollan estos compuestos, aparecen en concentraciones elevadas en la parte superficial de los suelos.

Un elemento integrado en los compuestos orgánicos de los afluentes, y de gran importancia, es el fósforo P, que pasa rápidamente a fosfato. El zinc Zn, el cobre Cu y el níquel Ni son los metales que más contribuyen a acrecentar las cifras de elementos pesados, siendo el zinc el metal más usado como referencia de toxicidad. El boro B es otro elemento que puede afectar mucho a los sistemas biológicos de tratamiento de agua ya que es esencial en la micro-nutrición vegetal, pero puede ser tóxico para muchos sistemas de fauna y flora que se presentan en los procesos de aguas residuales.

2.5.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

El componente biológico es básico en las aguas residuales, habida cuenta de su capacidad metabólica y, en consecuencia, de su potencialidad en la transformación de restos químicos, orgánicos y físicos.

La característica que distingue a los seres vivos de los seres del reino mineral reside en la relación íntima que mantienen con el medio que los rodea; si se trata de organismos acuáticos, existe una dependencia entre el organismo y las características del medio, de tal manera que la composición de la población acuática varía sensiblemente con la composición del agua.

Desde épocas muy remotas, ha sido una constante preocupación para el hombre, obtener agua de la mejor calidad posible y proteger aquellos depósitos catalogados como vitales.

Después del desarrollo de la microscopía como técnica de análisis microbiológico, se pudo constatar la presencia en el agua de seres microscópicos relacionados con la producción de malestar en el hombre. Los microorganismos presentes en las aguas no siempre causan problemas a los abastecimientos públicos, pero muchos de ellos afectan su potabilidad. Entre los principales factores que hacen que el agua sea inadecuada, se encuentran los microorganismos parásitos, las sustancias tóxicas derivadas de la actividad biológica de bacterias y algas, gusto y sabor desagradables, color, turbiedad, elementos corrosivos, incrustaciones, etc.

Se ha indicado la presencia de flora y fauna en las aguas residuales, ya que componen las pirámides de detritívoros que sirven para reciclar determinados elementos que son fundamentales para los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales. Es claro que el componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como azufre, carbono, nitrógeno o fósforo, entrando frecuentemente en competencia y eliminando los elementos microbianos patógenos que se pueden encontrar en el medio.

Este componente biológico se manifiesta en 5 áreas diferentes:

- 1.- Descomposición de los compuestos orgánicos contenidos en las aguas residuales.



Fig. 2.K Descomposición de materia orgánica

- 2.- Eliminación de determinados compuestos orgánicos que sean tóxicos para los vegetales y los microorganismos del suelo.



Fig.2.L Retiro de materiales sólidos y basuras

- 3.- Desaparición de microorganismos patógenos.
- 4.- Participación en los ciclos biogeoquímicos de Nitrógeno N, Fosforo P y del Azufre S, elementos fundamentales cuando se presentan como nitratos, fósforos o sulfatos en el movimiento y asimilación por el suelo y los vegetales.
- 5.- Reacción de la materia orgánica transformada y del componente microorgánico frente a los constituyentes minerales del suelo, participando en la promoción de micro-agregados, órganos minerales, variando la solubilidad de determinados iones y la solubilidad a lo largo de los diferentes horizontes del perfil.

Un último aspecto del componente biológico de las aguas residuales, es la presencia de determinados virus que aún en muy baja proporción respecto a bacterias y microorganismos pueden ser peligrosos ya que se han detectado más de 100 tipos diferentes; los cuales son resistentes a cualquier tratamiento. Pero a pesar de todo si no se ingieren aguas residuales, si se trata y si su uso se restringe a aplicaciones mínimas, el peligro sanitario se reduce también al mínimo, por lo que no tendremos problemas de salud.

2.5.4 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS

Aguas Negras Frescas.

Son las aguas negras en su estado inicial, contienen oxígeno disuelto en el agua de abastecimiento y permanecen frescas mientras haya oxígeno suficiente para mantener la descomposición aerobia. Tales aguas son turbias, con sólidos en suspensión, de color grisáceo y tienen olor no desagradable.



Fig. 2.M Vertido de aguas residuales urbanas al canal Vallejo DF.

Aguas Negras Sépticas.

Son las aguas negras a las que se les ha agotado el oxígeno disuelto, de manera que han entrado en descomposición anaerobia los sólidos. Tales aguas se caracterizan por su color negruzco, su olor desagradable, y por tener sólidos suspendidos y flotantes de color negro.



Fig. 2.N Canal San Lorenzo Naucalpan Edo de Méx.

Aguas Negras Estabilizadas.

En estas aguas los sólidos se han descompuesto hasta sólidos relativamente inertes o que son descompuestos muy lentamente. El oxígeno disuelto está presente en el agua por haber sido absorbido de la atmósfera; su olor es ligero y tienen pocos sólidos suspendidos.



Fig. 2.Ñ Canal de aguas urbanas en Ecatepec de Morelos.

2.5.5 GASES CONTENIDOS EN LAS AGUAS RESIDUALES

GASES DISUELTOS. OXÍGENO DISUELTO (OD), BIÓXIDO DE CARBONO (CO₂), ÁCIDO SULFÚDRICO (H₂S), AMONÍACO y METANO.

Las aguas negras contienen pequeñas y variables concentraciones de gases disueltos. Entre los gases más frecuentemente encontrados en el agua residual sin tratar tenemos: el Nitrógeno (N₂), el Oxígeno (O₂), el Bióxido de Carbono (CO₂), el Ácido Sulfhídrico (también conocido como

sulfuro de hidrógeno [H₂S]), el Amoníaco (NH₃) y el Metano (CH₄). Los tres primeros son gases comunes en la atmósfera y se encuentran en todas las aguas que están expuestas al aire. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en el agua sin tratar, otros gases con los que debemos estar familiarizados son el Cloro Cl y el Ozono que actúan para (desinfección y control de olores) y los Óxidos de Azufre para los (procesos de combustión).

El oxígeno, más conocido como Oxígeno Disuelto (OD), es necesario para que se verifiquen todas las reacciones biológicas y bioquímicas. Son los organismos aerobios los que hacen este trabajo si hay oxígeno presente y es la descomposición aerobia de los sólidos orgánicos la que tiene lugar. Cuando no hay oxígeno, son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción, por lo tanto, las reacciones que se llevan a cabo en las aguas negras dependen del oxígeno disuelto que contenga el agua.

El oxígeno se disuelve en el agua por contacto del aire con la superficie, hasta alcanzar el punto de saturación a una temperatura determinada. La temperatura influye en la cantidad de oxígeno presente en el agua, teniendo la siguiente relación:

T (°C)	0	10	20	30
OD (mg/l)	14.6	11.3	9.1	7.6

El flujo turbulento de una corriente sobre piedras, riscos y rápidos, aumentan la velocidad de disolución del oxígeno, o sea la re-aireación, consiguiendo oxígeno adicional además del oxígeno disuelto. El ácido sulfhídrico se forma por la descomposición de la materia orgánica que contiene azufre o por la reducción de sulfitos y sulfuros minerales. No se forma en grandes cantidades en presencia de oxígeno. Es un gas incoloro, inflamable, que tiene el olor característico de huevos podridos.

El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe generalmente a la formación de ácido sulfhídrico que se combina con el hierro presente para formar Sulfuro Ferroso (FeS). Aunque el ácido sulfhídrico es el gas formado más importante desde el punto de vista de los olores, pueden formarse otros compuestos volátiles, tales como el Indol, el Eskatol, y los Mercaptanos que durante la descomposición anaerobia pueden producir olores peores que el ácido Sulfhídrico.

El metano es un hidrocarburo incoloro e inodoro de gran valor como combustible. Normalmente no se encuentra en grandes cantidades en el agua residual, por lo que incluso pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser tóxicas para los organismos responsables en la producción de metano, a veces se produce metano como resultado de una descomposición anaerobia en depósitos acumulados en el fondo, el metano es sumamente combustible y el peligro de explosión es considerable.

Las aguas negras pueden contener otros gases como son: dióxido carbónico resultado de la descomposición de la materia orgánica; el nitrógeno disuelto en la atmósfera. Aunque estos gases se encuentren en cantidades pequeñas, su función es importante en la descomposición y el tratamiento de los sólidos en las aguas negras e indican muy significativamente el progreso de tales procedimientos de tratamiento.

2.6 FACTORES ECOLÓGICOS Y DE VERTIDO.

2.6.1 FACTORES FUNDAMENTALES.

El sistema se basa en el aporte de agua y de nutrientes a través del vertido de aguas residuales urbanas, este aporte aumenta la humedad y el contenido de la materia orgánica generándose a partir de esto una acción física, biológica y química que modificará las características anteriores del suelo receptor hasta que sea apto para sustentar una vegetación adecuada a nuestros objetivos.

2.6.2 DEPURACIÓN.

En las aguas residuales urbanas se suele tomar el nitrógeno y el fósforo como la base del proceso de eutrofización, y es por ello que se debe poner atención para los vertidos forestales. En general un suelo forestal elimina muy bien el fósforo, alcanzándose rendimientos de más del 90% en los primeros 70cm. de suelo, cualquiera que fuese el volumen de agua aplicado.

A una profundidad de 1.30m el rendimiento puede ser superior al 96% aunque esto depende naturalmente de factores como el tipo de profundidad del suelo, temperaturas externas, etc.

En lo que se refiere al nitrógeno, el rendimiento de una área forestal como depuradora es variable. En este caso la incidencia de factores como el tipo de suelo, la temperatura, la intensidad de aplicación, el tipo de la cubierta vegetal, es determinante. Este último factor es el que puede provocar fenómenos intensos de desnitrificación, destacando las herbáceas en su acción por los nitratos.

En general el poder depurador de un área forestal es intenso, tanto por la masa arbórea como por el sotobosque y la cubierta herbácea que sustenta, asimilando o transformando muchos productos contenidos en las aguas residuales, tanto directa e indirectamente, actuando como elemento depurador conjuntamente con la masa vegetal.

Cuando se vierten las aguas residuales por aspersion en una masa forestal éstas chocan con el aire, con los fustes y con el matorral, pulverizándose el liquido intensamente y sufriendo una fuerte aireación. Seguidamente el líquido discurre por la superficie con la que choca, formándose en muchas de ellas zoogreas que van consumiendo nutrientes, de modo similar a los procesos que se verifican en los lechos bacterianos o en el sistema de tratamiento de aguas residuales por escorrentía superficial sobre cubierta vegetal.



Fig. 2.0 Reutilización de las aguas residuales para llenado en los Canales de Xochimilco DF.

2.6.3 CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO.

Las aguas residuales urbanas presentan una composición variable, y ésta depende de una serie de factores muy complejos, que comprenden desde el tamaño de la población hasta la temperatura de origen, pasando por el porcentaje de mezcla con aguas industriales, y por el nivel de vida de la población que vierte en esas aguas.

Por estas causas el factor de composición de las aguas debe ser tenido muy en cuenta sobre todo en aquellos casos en que, por circunstancias especiales, el líquido que se aplique a sistemas biológicos tenga algún elemento una concentración anormalmente elevada. Si esto ocurre, debe relacionarse inmediatamente con el factor anterior, es decir, con las características del suelo, con el objeto de comprobar la capacidad de retención de fosfatos, metales y la intensidad iónica.

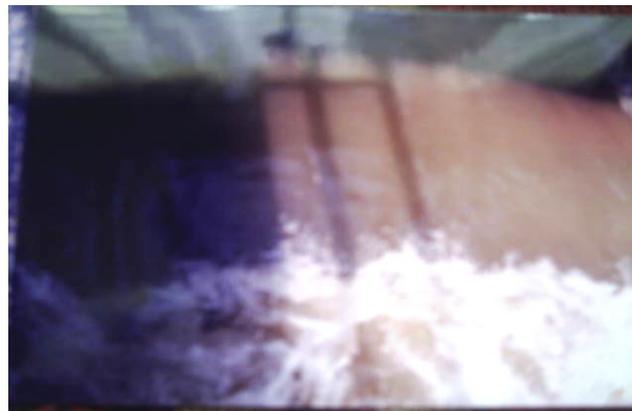


Fig. 2.P Agua tratada lista para ser reutilizada en riego o para ser vertida nuevamente a los mantos acuíferos.

2.6.4 RIEGO.

El riego, en todas sus modalidades de aspersión, surcos, caballones y encharcamientos, es el sistema más empleado actualmente, aunque es posible que en ocasiones no sea el más adecuado. El objetivo de aplicación de este sistema es por una parte tratar las aguas residuales, y por otra mejorar el crecimiento vegetal. El suelo y su biota actúan sobre el vertido y lo tratan bajo sus aspectos físicos, químicos y biológicos para hacer más rápido el proceso de tratamiento.

Cuando se aplica este sistema, el objetivo primordial es evitar descargas de nutrientes en la superficie, otras es ahorrar agua potable utilizando las de segunda calidad en riego de áreas boscosas, parques y en ciertos casos zonas agrícolas, en otras por fin es el interés económico el que prevalece, debido a la posibilidad de fertilizar cultivos y a la vez satisfacer necesidades hídricas. Si en el país o área de aplicación la legislación es muy severa en lo que se refiere a parámetros DBO, el nitrógeno o el fósforo, el riego se verá limitado en cuanto existe la posibilidad de contaminación de los mantos freáticos.

Otro factor limitante puede ser, en zonas áridas, sub-desérticas o mediterráneas la potencialidad de aumentar la concentración salina en capas freáticas. Frecuentemente limita la posibilidad de emplear este sistema el precio del suelo, ya que ciertas modalidades de riego necesitan amplias superficies, a ellos añade la posible gran distancia desde el punto de origen del vertido a la zonas de aplicación. En las comunidades pequeñas o de tamaño medio, el problema puede tener fácil solución pues se dispone de más suelo y estas distancias son menores.

Cuando se aplica la modalidad de riego por aspersión, pueden presentarse problemas de olores o de carácter sanitario, lo que se evita calculando el movimiento de los líquidos desinfectándolos con un tratamiento adecuado, u operando en áreas apartadas y aisladas mediante cortinas vegetales y zonas tapón.



Fig. 2.Q Sistema de riego en hortalizas de rábano, papa, zanahoria, alfalfa, lechuga, cebada y maíz por medio de aguas tratadas en Valle del Mezquital, Hidalgo México.

2.6.5 EFECTOS SOBRE EL SUELO.

Numerosos estudios han arrojado resultados sobre el suelo como depurador, ya que es un medio eficaz para el tratamiento sanitario de las aguas residuales urbanas. Experimentos concluyentes han demostrado que se puede tener el agua bacteriológicamente segura, si se tratan las aguas residuales decantadas o el afluente final, por precolación a través de 1.10 y 2.12 m de suelo.

Como dato en Alemania hay zonas en las que se han estado aplicando aguas residuales durante 15 años y que no han experimentado ningún aumento en el contenido de bacterias patógenas o huevos de parásitos en sus aguas superficiales. No penetra más de 70 cm. en los suelos arenosos regados con aguas tratadas urbanas. La máxima densidad bacteriana se presenta a 10 cm en el suelo que recibe aguas residuales urbanas, y a 40 cm en suelos limpios. En los efluentes de drenaje no suele aparecer contaminación bacteriana, sino solamente restos de la depuración (cloruros, sulfatos, nitratos y gas carbónico).

Comparando la eficacia depuradora del suelo con la de los lechos bacterianos en zonas de aprovechamiento de aguas residuales urbanas, se ha llegado a la conclusión de que en un campo donde se vierte agua residual se presentan las siguientes ventajas:

- Todas las sustancias insolubles son retenidas.
- Se logra una clarificación completa del afluente.
- Los organismos se reducen 10 veces; en los lechos bacterianos solo tres a cuatro.

Pero también existen inconvenientes:

- No aparece ninguna reducción importante de nitrógeno.
- La DBO se reduce a 1/3 del valor inicial mientras que en la reducción de los lechos bacterianos se presenta de 1/5 o 1/6.
- Aumenta el contenido de sales en el suelo.

La experiencia ya existente de vertidos de aguas procedentes del drenaje en los campos regados con efluentes urbanos, permiten afirmar que aquellos no incrementan en lo absoluto los índices de coliformes en las corrientes de aguas próximas. No se ha comunicado ningún caso de contaminación de agua ni de transmisión de enfermedades en las comunidades que emplean el sistema desde hace bastantes años.

2.6.6 ESCORRENTÍAS SUPERFICIALES SOBRE CUBIERTA VEGETAL.

Este sistema de tratamiento de las aguas residuales urbanas es bastante reciente en su concepción y se aplica fundamentalmente como tratamiento secundario, en el que se vierte un afluente de baja DBO o como tratamiento avanzado, aunque ello no impide que pueda utilizarse en vertido directo, tanto como cubierta agrícola o como sobre cubierta forestal bajo ciertas condiciones.

La depuración que se realiza es bastante completa y con un gran potencial de aplicación para aguas residuales muy poco o nada tratadas bajo ciertas situaciones, el uso de esta técnica puede efectuarse con carga alta o media, dependiendo el grado de depuración que se requiera.

Si el afluente disponible debe someterse a una legislación muy restrictiva, el líquido puede ser reciclado, y aplicado en riego de áreas forestales o ser tratado posteriormente en infiltración. La tecnología de escorrentía superficial sobre cubierta vegetal necesita un suelo bastante impermeable y con pendientes suaves.

Como consecuencia de ello, se presentan frecuentemente problemas de distancias entre la fuente y el lugar de aplicación, aunque tiene la ventaja de bajo costo de instalación y mantenimiento. El método puede verse limitado en climas fríos por una parte; por otra si la concentración de fósforo y metales llega a ser un problema en el área de aplicación en su entorno, y finalmente, por el impacto final que puede tener sobre todo en el aspecto psicológico humano.



Fig. 2.R Área regada con agua tratada urbana fue recuperada en 2 meses en Ajacuba Hidalgo.

2.6.7 FACTIBILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN USOS FORESTALES.

En principio, todo riego bien realizado, es decir, efectuado según las necesidades de la vegetación receptora, es bienvenido. Si además de aportar nutrientes en condiciones de ser aceptados y si las especies implantadas son de alto consumo de agua, llegamos a la conclusión inmediata de que el aporte de las aguas residuales urbanas a una masa forestal plantada, es totalmente positivo.



Fig. 2.S Zona de pastura 3 meses después de recupera el área.

Naturalmente, el suelo debe ser capaz también de captar esos vertidos, partiendo de la base de que el agua residual urbana ha sido preparada para su destino de aporte a una vegetación y a un suelo de características condicionales ambientales determinadas.

Una masa forestal puede tratar un volumen grande de aguas residuales urbanas en función de diversos factores, siendo fundamental el estado en que se encuentra la zona vegetal. En el estado inicial, cuando se desarrollan los tejidos ricos en nutrientes, la acumulación de nutrientes puede ser muy alta, mientras que una situación de madurez próxima al clímax provoca un almacenamiento mínimo debido a que en este caso la fijación neta de la energía es casi nula. En consecuencia, existe la posibilidad de que halla un equilibrio más o menos estable entre una masa forestal y los ciclos naturales de los nutrientes de las aguas residuales.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

3.1 HISTORIA DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS.

La depuración es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua procedentes de viviendas e industrias. La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de los 70's como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación del medio ambiente provocado por la actividad humana afectando principalmente (aire, ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas) por desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos como en Creta (isla Griega) y en las antiguas ciudades Asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era la de servir como drenaje, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las calles significaba que junto con el agua de las escorrentías viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa, primero excavaciones subterráneas privadas y más tarde letrinas. Cuando éstas estaban llenas, los obreros vaciaban el lugar en nombre del propietario. El contenido de los pozos negros se empleaba como fertilizante en las granjas cercanas o era vertido en los cursos de agua o en tierras no explotadas.

Siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire libre o como zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de estos desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette uno de los primeros ingenieros ambientalistas entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Río Támesis, en Londres.

Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas de sanitarios modernos (tazas de baño esmaltadas). A pesar de que existían reservas respecto a éstos por el desperdicio de recursos que suponían, por los riesgos para la salud que planteaban y por su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

En los principios del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos años, se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones públicas se adoptó primero la técnica del filtro de goteo, el cual fue inyectando agua a cuerpos receptores del suelo por medio de excavaciones de aproximadamente 3m. tratando las aguas de una

manera natural. Durante la segunda década del siglo, el proceso de lodo activado agregando masas de lodo a las aguas para su depuración biológica por medio de microorganismos biodegradables en presencia de oxígeno este fue desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. A partir de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

3.1.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los principales procesos de tratamiento para las aguas residuales son los físicos, químicos y biológicos.

Procesos Físicos:

Se basan en propiedades físicas por diferencia de densidades e incluyen la separación de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, la remoción de partículas flotantes, la retención de partículas de gran tamaño, desechos sólidos (basura), etc.

Procesos Químicos:

Consisten en la separación o transformación de sustancias sedimentables, flotantes y disueltas, mediante el uso de sustancias químicas. Un sistema utilizado en este proceso, es el uso de algún desinfectante para eliminar elementos patógenos existentes en el agua.

Procesos Biológicos:

Para estos procesos se utiliza la actividad de ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

3.1.2 TIPOS DE TRATAMIENTO:

Los tipos de tratamiento se pueden clasificar en: preliminares o pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario:

Tratamiento Preliminar o Pre-tratamiento:

Considera un conjunto de unidades mecánicas, que tienen como finalidad eliminar materiales que perjudican al sistema de conducción, tales como material flotante; sólidos inorgánicos en suspensión, arenas, etc., las principales unidades son las rejillas o cribas de barras y el desarenador.

Tratamiento Primario:

La finalidad de éste tratamiento es la remoción de sólidos suspendidos y esto puede ser por medio de sedimentación, filtración, flotación, floculación y precipitación. Las principales

unidades para esta fase son la fosa séptica, el tanque Imhoff, sedimentadores primarios, reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), coagulación y precipitación.

Tratamiento Secundario:

La finalidad de dicho tratamiento es la remoción de material coloidal y en suspensión. Para esto al utilizar procesos biológicos, se aprovecha la acción de microorganismos presentes en el agua residual, lo mismo que su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica convirtiéndola en materia celular, en productos inorgánicos o en material inerte. Los microorganismos pueden ser: aerobios y anaerobios.

Tratamiento Terciario:

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad físico-química-biológica adecuada obteniéndose un proceso de acuerdo a la necesidad de agua que se solicite para su reutilización y para las actividades que se le pretendan dar a las aguas residuales tratadas.

3.2 TRATAMIENTO PRELIMINAR

El tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes. Los dispositivos están destinados a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y cantidades excesivas de grasas y aceites, separando los sólidos flotantes.



Fig. 3.A Separación de sólidos grandes en la planta de tratamiento Toluca Oriente, Edo. de Méx.

3.2.1 REJILLAS Y CRIBAS

Están constituidas por barras de acero, generalmente inclinadas sobre la horizontal, la limpieza de las rejas puede ser manual o mecánica. El objetivo de esta operación consiste en quitar materiales que puedan dañar o interferir con el adecuado funcionamiento del equipo de las plantas de tratamiento, a fin de proteger de taponamiento o daños a las bombas y a otros equipos debido a los sólidos mayores (plásticos, trozos de madera, rocas de gran volumen, etc.), que se encuentran en las aguas residuales; estas rejas se deben de instalar antes de las

estaciones de bombeo o de alguna clase de dispositivo de cribado para que detengan a los sólidos.

Existen varios tipos de dispositivos de cribado, los principales son:

TABLA 3.1 TIPOS DE DISPOSITIVOS DE CRIBADO

TIPOS DE DISPOSITIVOS DE CRIBADO	TAMAÑO COMÚN DE ABERTURA (CM)	PROPÓSITO
Rejas para basura	5.00 – 10.0	Proteger las bombas y equipo de los objetos grandes.
Rejillas	1.50 – 5.0	Parecido a las rejas para basura con aberturas más pequeñas para remover ramas, sólidos mayores y otros residuos.
Desmenuzadores	0.75 – 2.0	Reduce el tamaño de los sólidos mayores mediante trituración o corte sin removerlos de las aguas residuales.

Las rejas para basura son una serie de barras o soleras de metal paralelas, colocadas verticalmente o con un determinado ángulo de inclinación, que tienen como objetivo detener los objetos grandes que se encuentran en las aguas residuales. Estas rejas tienen generalmente una separación entre barras mayor a los 5 cm. Cuando el agua residual por su naturaleza está exenta de sólidos mayores orgánicos o inorgánicos, se puede prescindir de este dispositivo.



Fig. 3.B Rejillas en la planta de tratamiento Cerro de la Estrella. Se llega a sacar hasta 1 ton. de basura al día; el material de las rejas es de fibra de carbono y polivinilo.

Las rejillas son similares a las rejas para basura, y se utilizan comúnmente en las plantas de tratamiento su propósito es remover objetos pequeños. Los claros entre las barras son más pequeños que los usados en las rejas para basura; normalmente varían entre 2.5 y 5.0 cm. para unidades de limpieza manual, y de 1.5 a 5 cm. en las cribas de limpieza mecánica.

Cuando existe una gran posibilidad de que objetos grandes puedan entrar al sistema de drenaje, las rejillas pueden estar precedidas por una reja para basura de limpieza manual, con aberturas de 5 a 10 cm. El tamaño de las aberturas de las barras es uno de los elementos principales en el diseño de una rejilla, pues este factor determina el tamaño de los objetos y cantidades de material que removerá la rejilla. Si las aberturas son demasiado pequeñas, se retiene una gran cantidad de material, dando como resultado una gran pérdida de carga y un problema de manejo y disposición.

TABLA 3.2 CANTIDAD DE MATERIAL CRIBADO POR UNA REJILLA EN FUNCIÓN DEL CLARO ENTRE BARRAS

ABERTURA (cm)	PROMEDIO DE CRIBADO (m ³)
6.5	47
5.0	22
4.0	8
2.5	5
1.5	4



Fig. 3.C Canal de entrada a la rejilla, en la planta de tratamiento de Toluca, Edo. de Méx. Para remover las grandes cantidades de basura y no entorpecer el tratamiento del agua.

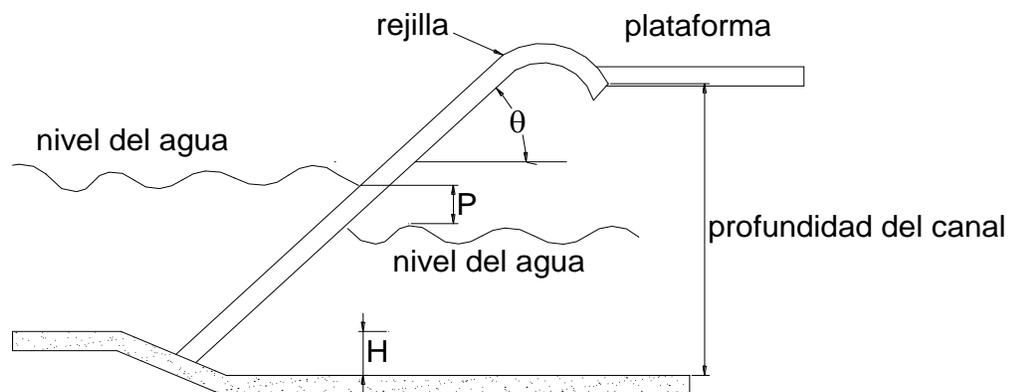


Fig. 3.D Rejillas (vista lateral)

En la siguiente tabla se mencionan las características recomendables de las barras, comúnmente soleras de acero en función de la longitud.

TABLA 3.3 TAMAÑOS NORMALES DE BARRAS

LONGITUD DE LAS BARRAS	DIMENSIONES APROXIMADAS	
	ESPESOR	ANCHO
Hasta 0.75 m	0.60 cm	2.50 cm
De 0.75 a 2.00 m	0.80 cm	5.00 cm
De 2.00 a 4.00 m	1.00 cm	6.30 cm
Mayor de 4.00 m	1.25 cm	7.50 cm

Las rejillas de limpieza manual son apropiadas para la mayoría de las plantas de tratamiento y son muy eficientes, se utilizan rastrillos para jalar o quitar el material cribado de éstas; se deja que escurra y se almacena en un depósito para su disposición.

En las unidades de limpieza mecánica, el dispositivo de limpieza es normalmente un rastrillo que está acoplado a las barras por medio de una cadena y engranes o por medio de una cuerda y un sistema de poleas. Las características de estas unidades las proporciona el fabricante. En ambos sistemas el material recolectado debe disponerse de manera adecuada, ya sea en un relleno sanitario o en un incinerador; sus características se comparan a continuación:

TABLA 3.4 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LIMPIEZA

CARACTERÍSTICA	LIMPIEZA MANUAL	LIMPIEZA MECÁNICA
Tamaño de la barra:		
Ancho (mm)	5 – 15	5 – 15
Profundidad (mm)	25 – 75	25 – 75
Separación entre barras (mm)	25 – 50	15 – 75
Pendiente con relación a la vertical	30 – 45	0 – 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.30 – 0.60	0.6 – 1.0
Pérdida de carga permisible (mm)	150	150

3.2.2 DESMENUZADORES

Los desmenuzadores cortan o trituran los sólidos grandes que llevan las aguas residuales para que puedan bombearse y tratarse en los procesos subsecuentes. Usualmente las rejillas para basura preceden a los desmenuzadores, los cuales se utilizan en lugar de rejillas cuando la remoción o disposición del material cribado es difícil. Existen dos tipos de desmenuzadores: sin elevación y con elevación. Los trituradores sin elevación contienen un tambor giratorio, perforado con ranuras horizontales que actúan como rejillas y los trituradores con elevación trituran los sólidos a la vez que impulsan las aguas residuales, aunque su impulsión no es elevada.

TABLA 3.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESMENUZADORES

TIPO DE DESMENUZADOR	CAUDAL (m ³ /h)	ALTURA DE AGUA MÁXIMA EN EL EFLUENTE (m)	PÉRDIDA DE CARGA (m)	ALTURA MANOMÉTRICA DE IMPULSIÓN (m)	POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO (Kw)
Con elevación	50 – 300	—	—	0 – 2.0	7.50 – 20.0
Sin elevación	5 – 8000	0.30 – 1.20	0.10 – 0.35	—	0.25 – 4.0

Los distintos tipos de estos dispositivos son patentados y trabajan con motores eléctricos. Normalmente se requieren dos unidades o una unidad con una derivación a una rejilla de limpieza manual, para cuando haya necesidad de reparación o de servicio de mantenimiento.

3.2.3 DESARENADORES CRITERIO HIDRÁULICO

Se denominan “arenas”, a las partículas pesadas tales como la arena, las gravas, cenizas u otros sólidos más pesados que la materia orgánica putrescible, que van a dar al sistema de drenaje por las coladeras, infiltraciones en las tuberías o a través de los drenajes habitacionales. La presencia de arena, es común en sistemas de drenaje combinados, por lo que se requiere la instalación de cámaras desarenadoras para su remoción y así se protege a las bombas y otros equipos del desgaste excesivo debido a la abrasión y no permite que este material se acumule en los tanques y pueda causar obstrucciones y taponamientos. Normalmente se instalan los dispositivos de remoción de arenas a continuación de las rejillas y antes del equipo de bombeo. Algunas veces, las líneas de drenaje están demasiado profundas, por lo que no es práctico colocar el desarenador antes de las bombas; en tales casos, este se ubica después de las bombas del afluente. Esencialmente hay dos tipos de unidades desarenadoras: tanques simples y tanques aireados. Los desarenadores son canales rectangulares donde se mantiene una velocidad controlada del agua residual, de manera que las arenas sedimenten hasta el fondo del canal y los sólidos orgánicos putrescibles ligeros pasan a las subsecuentes unidades de tratamiento.

3.2.3.1 DESARENADOR DE FLUJO HORIZONTAL

Estas cámaras utilizan el principio de sedimentación diferencial para sedimentar las partículas de arena, en tanto que permiten que el material orgánico ligero continúe suspendido. Por medio del control de la velocidad del flujo de las aguas residuales es posible controlar el tamaño de las partículas a remover. La práctica común indica que la remoción de todas las partículas de 0.2 mm. de diámetro o mayores, le dan una protección adecuada al equipo. Para su remoción es necesario proporcionar suficiente tiempo de retención para que

las partículas se asientan desde la superficie hasta el fondo del tanque. Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un recipiente de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 10% a un 15% la Demanda Biológica de Oxígeno DBO y de un 40% a un 60% los sólidos en suspensión.

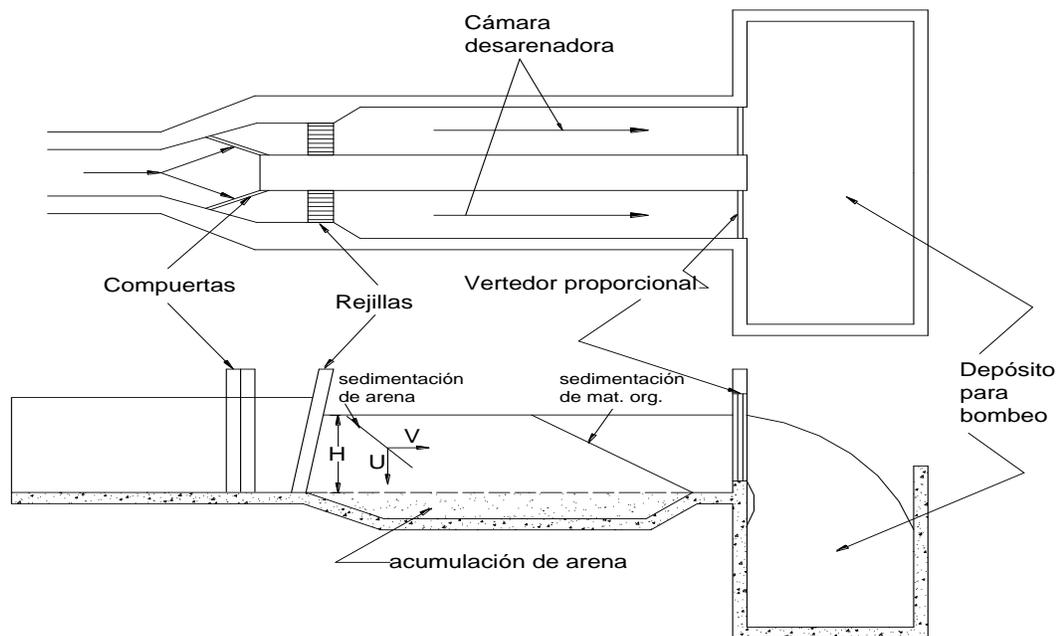


Fig. 3.E Cámara de sedimentación para el retiro de arenas y gravas depositadas.

Para mantener una velocidad de flujo constante, se debe equipar a la cámara desarenadora con una sección de control, que puede ser un vertedor proporcional o un canal Parshall instalado aguas abajo de la cámara. El canal Parshall no necesita de mucha carga como los vertedores proporcionales, pero da un control de velocidad a un rango de flujo más limitado; también requiere de más espacio para su instalación y usualmente incluye un mayor costo.

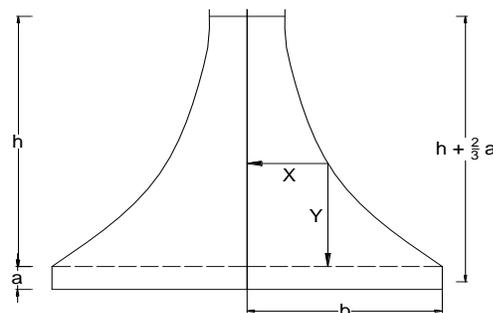


Fig. 3.F Vertedor Proporcional.

Este vertedor proporciona un control en un amplio rango de flujo. El principio básico del vertedor proporcional es que el gasto a través de él, varía directamente con la carga hidráulica; esto es que el control de flujo va directamente relacionado con la forma del vertedor. En las plantas grandes, en donde el uso de varias cámaras desarenadoras es apropiado, el control de la velocidad puede lograrse variando el número de cámaras en servicio, en el canal desarenador debe mantenerse una velocidad constante de 30 cm/seg esto permite la sedimentación de las arenas. Para mantener esta velocidad se debe equipar a la cámara desarenadora con un dispositivo de control de velocidad. El área de la sección transversal (A) del canal desarenador se basa en el flujo de diseño (Q) y la velocidad horizontal (V), y de acuerdo a la ecuación de continuidad se tiene que:

$$Q = VA$$

En donde: V = velocidad del flujo (m/seg)
 Q = gasto de diseño (m³/seg)
 A = área proyectada (m²)

Por otra parte: $A = WH$

En donde: W = ancho del canal
 H = tirante del canal para el caudal máximo.

El ancho mínimo recomendable para facilitar la limpieza es de 0.6 m.; sin embargo, en sistemas superficiales pequeños es permisible hasta 0.4 m.

Asimismo, se debe proveer un espacio dentro de la cámara para la acumulación y almacenamiento de las arenas. Normalmente la cantidad de arenas en las aguas residuales varía en un rango de 0.01 a 0.06 m³ por cada 1000 m³ de agua residual. Por lo tanto, el volumen para el almacenamiento depende de la frecuencia de limpieza prevista. Normalmente las cámaras desarenadoras se construyen en paralelo para facilitar la limpieza normal de una, mientras la otra continua operando.

El método más simple para remover las arenas sedimentadas es mediante el paleado manual del fondo del canal. Para realizar esta operación, es necesario disponer de otro canal de reserva para desviar las aguas residuales y sacar de operación la que requiere limpieza. En unidades muy grandes, un sistema de poleas puede reducir el esfuerzo manual requerido para sacar las arenas de la cámara. Los dispositivos mecánicos, como los removedores, raspadores de cadena, transportadores de gusano, etc., generalmente están incluidos dentro del paquete de la unidad de remoción de arenas que ofrecen los fabricantes del equipo.

3.2.3.2 DESARENADOR AIREADO.

En estos tanques las burbujas ascendentes de aire contribuyen a separar la materia orgánica más ligera de la arena y la materia orgánica puede salir de la cámara con el líquido residual. Estos tanques se proyectan para tiempos de detención de unos tres minutos a caudal máximo.

La sección transversal del tanque es semejante a la usada para la circulación en espiral en los tanques de aireación de los lodos activados. La velocidad de rotación transversal o la agitación determinan el tamaño de partículas que serán eliminadas. Si la velocidad es grande, la arena es arrastrada fuera del tanque y, si es pequeña, la materia orgánica se deposita junto con la arena. La cantidad de aire puede ajustarse fácilmente, con lo cual se puede obtener una eliminación cercana al 100% y la arena queda bien lavada. Para determinar la pérdida de carga de un desarenador aireado se debe considerar la expansión del volumen por el aire introducido. La arena puede quitarse continuamente por diversos medios. Las ventajas de las cámaras desarenadoras aireadas son: no es necesario regular cuidadosamente la velocidad, las variaciones en el gasto tienen poco efecto sobre la separación de la arena, la arena separada se limpia suficientemente para su eliminación sin necesidad de nuevos lavados.

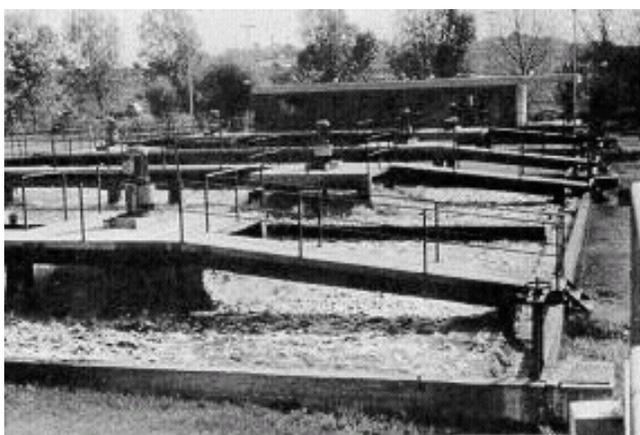


Fig. 3.6 Tanque de sedimentación, principalmente de arenas y gravas
Planta de tratamiento de "Roche" Cuernavaca, Morelos

TABLA 3.6 INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL PROYECTO DE DESARENADORES DE FLUJO HORIZONTAL

CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
Tiempo de detención (seg)	45 – 90	60
Velocidad horizontal (m ³ /s)	0.25 – 0.40	0.30
Velocidad de sedimentación para la eliminación de:		
Malla 65 (m)	1.0 – 1.3	1.15
Malla 100 (m)	0.6 – 0.9	0.75
Pérdida de carga en la sección de control como porcentaje de la profundidad del canal (%) (1)	30 – 40	36
Incremento por turbiedad en la entrada y en la salida	2Dm ⁽²⁾ – 0.5L ⁽³⁾	

¹ Canal Parshall como elemento de control.

² Profundidad máxima del desarenador

³ Longitud teórica del desarenador.

TABLA 3.7 INFORMACIÓN TÍPICA PARA EL PROYECTO DE DESARENADORES AIREADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
Dimensiones:		
Profundidad (m)	2.0 – 5.0	
Longitud (m)	7.5 – 20.0	
Ancho (m)	2.5 – 7.0	
Relación ancho-profundidad.	1:1 – 5:1	2 : 1
Tiempo de detención (seg)	2.00 – 5.00	3
Suministro de aire m ³ /min, por m de longitud	0.15 – 0.45	0.300
Cantidad de arena (10 ⁻³ m ³)	0.004 – 0.20	0.015

En resumen el objetivo es extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas. Un desarenador básico consiste en el ensanchamiento del canal, de forma tal que disminuya la velocidad del agua, permitiendo así la sedimentación de la arena.

Es difícil evitar que la arena retenida no arrastre consigo materia orgánica, para evitarlo, se adopta una velocidad en el canal de unos 30 cm/seg ya que a esta velocidad los sólidos de baja densidad se mantienen en suspensión. Las arenas son impropias para su reutilización porque siempre contienen algo de materia orgánica. Por ello, en las instalaciones importantes se realiza un lavado de la arena. Una forma de obtener una arena libre de materia orgánica es mediante el uso de desarenadores aireados. En estos se inyecta aire a través de difusores, el cual limpia completamente las arenas, evitando así su lavado posterior.

3.3 TRATAMIENTO PRIMARIO.

Los procesos empleados en las plantas depuradoras municipales suelen clasificarse como parte del tratamiento en primario, secundario o terciario. El tratamiento preliminar sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento de las aguas residuales que entran en la depuradora presentando materiales que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria.

El objetivo del tratamiento primario es eliminar la materia en suspensión, como mínimo el 60%. También se elimina algo de DBO, entre el 30% al 40% como máximo. Por este tratamiento se separan o eliminan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas negras, o sea aproximadamente de un 40% a 60%, mediante los procesos físicos de asentamiento en tanques de sedimentación.

Cuando se agregan ciertos productos químicos en los tanques primarios, se eliminan casi todos los sólidos coloidales, así como los sedimentables, o sea un total de 80% a 90% de los sólidos suspendidos.

3.3.1 TANQUES DE PRE-AIREACIÓN.

La pre-aireación antes del tratamiento primario se utiliza para lo siguiente:

- Mejorar su tratabilidad.
- Conseguir una distribución uniforme de los sólidos suspendidos y flotantes.
- Obtener una mayor eliminación de sólidos suspendidos en los tanques de sedimentación.
- Ayudar a eliminar grasas y aceites.
- Refrescar las aguas sépticas antes de llevar a cabo el tratamiento.
- Aumentar la eliminación del DBO.
- Eliminar olores.

La pre-aireación se logra introduciendo aire en el efluente durante un período de 20 a 30 minutos a una cierta velocidad, esto se lleva a cabo forzando el paso de aire comprimido a través de las aguas negras, a razón de 0.75 l de aire por litro de aguas negras, cuando la operación dura 30 minutos o por agitación mecánica, de manera que se pongan continuamente en contacto con la atmósfera para que absorban el aire. Para garantizar una adecuada agitación del aire comprimido que se inyecta a las aguas negras, el aire se suministra a razón de 100 a 400 litros por minuto por metro lineal de tanque o de canal. Cuando el aire que se usa para la agitación mecánica se emplea también con el propósito de disminuir la DBO, el tiempo de retención debe ser de al menos 45 minutos.



Fig. 3.H Preparación de un tanque aireador, para una procesadora de alimentos lácteos Culiacán Sinaloa México.

La agitación de las aguas negras en presencia del aire tiende a flocular los sólidos suspendidos más ligeros, formándose masas más pesadas que se asientan rápidamente en los tanques de sedimentación; también contribuye a la separación de grasas y aceites; y ayuda a restaurar las condiciones aerobias en las aguas negras sépticas.



Fig. 3.1 Tanque aireador con un tirante de 500 mm, planta Toluca Oriente trata solo aguas sin materia orgánica con flujo de 25 l/s.

3.3.2 REMOCIÓN DE GRASAS, ACEITES Y MATERIAL FLOTANTE.

La eliminación del aceite se efectúa porque impide que el aire pase a través del agua, es decir, dificulta la oxigenación de la misma. El proceso de eliminación consiste en que los aceites y grasas, generalmente más ligeras que el agua, tiendan a subir a la superficie mediante una flotación natural. Todo dispositivo que reduzca la velocidad del flujo y ofrezca una superficie tranquila, actúa como separador de grasas y aceites. La recogida en superficie y la evacuación se efectuará por vertido o por rascado.

Regularmente no se espera que en las aguas residuales municipales el contenido de grasas y aceites y materia flotante sean altos. Estos parámetros son más importantes en aguas residuales industriales que en las aguas residuales municipales, normalmente las cantidades totales de grasa y aceites son pequeñas.

Las cantidades normales de grasa y aceites en los desechos domésticos se remueven fácilmente en el sedimentador, algunas grasas pesadas se adhieren a los sólidos sedimentables y se conectan con los lodos en el fondo del tanque de sedimentación. Las fracciones ligeras forman una nata en la superficie, la cual se puede remover con un desnatador manual o haciendo uso de dispositivos mecánicos. La remoción de grasas y aceites se puede completar con procesos sofisticados como la flotación con aire disuelto y coagulación-filtración de alta velocidad. En las aguas residuales municipales estas técnicas no ofrecen una ventaja real sobre la sedimentación normal para hacer frente a los límites prescritos para grasas y aceites en el efluente.

Las grasas y aceites que se recuperan en los tanques de sedimentación no tienen la suficiente calidad para tener valor comercial, además de que sus volúmenes son pequeños; en consecuencia las grasas atrapadas con el lodo pueden llevarse a tanques de digestión de lodos o manejarse con cualquier método usado para la disposición de lodos. La nata flotante que contiene grasas y aceites puede enterrarse o incinerarse. Si se entierra, se recomienda hacerlo en la zanja que tenga alrededor de medio metro de profundidad para evitar los olores provocados por la acción bacteriana.



Fig. 3.J Tanque separador de grasas y aceites. Estos son retirados por medio de viguetas que cumplen con un ciclo de cada 45 min. Planta de tratamiento Cerro de la Estrella, Iztapalapa, D.F.

3.3.3 TANQUES DE DOBLE ACCIÓN O HIMHOFF.

Para comunidades de 5,000 habitantes o menos, el tanques Imhoff (Karl Imhoff 1876–1965) que en su tiempo fue el ingeniero especialista en aguas más notable de Alemania, por haber concebido el tipo de tanque de doble objeto que se conoce por su apellido) ofrece ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, tiene una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas negras pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Es convenientes en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los tanques Imhoff pueden producir olores desagradables.

Pueden verse tanques Imhoff en formas rectangulares y circulares, pero siempre proporcionan una cámara o cámaras superiores por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de contar con otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica. De la forma del tanque se obtienen varias ventajas: 1) los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo; 2) la forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

Alrededor del año 1925, la digestión separada con calefacción ya había demostrado ser conveniente y económica, y en la actualidad ésta se emplea en todas las grandes plantas junto con tanques de sedimentación, con remoción continua de los lodos para la digestión. A pesar de esto, los tanques Imhoff todavía tienen su propio lugar en el tratamiento primario de las aguas negras, especialmente debido a su simplicidad de operación.

Como todo dispositivo para un tratamiento primario, el tanque Imhoff puede ser parte de una planta para el tratamiento completo, y en tal caso su comportamiento de digestión debe tener una capacidad tanto para los lodos secundarios como para los que recibirá de las cámaras de sedimentación de los canales que tiene en la parte de arriba .

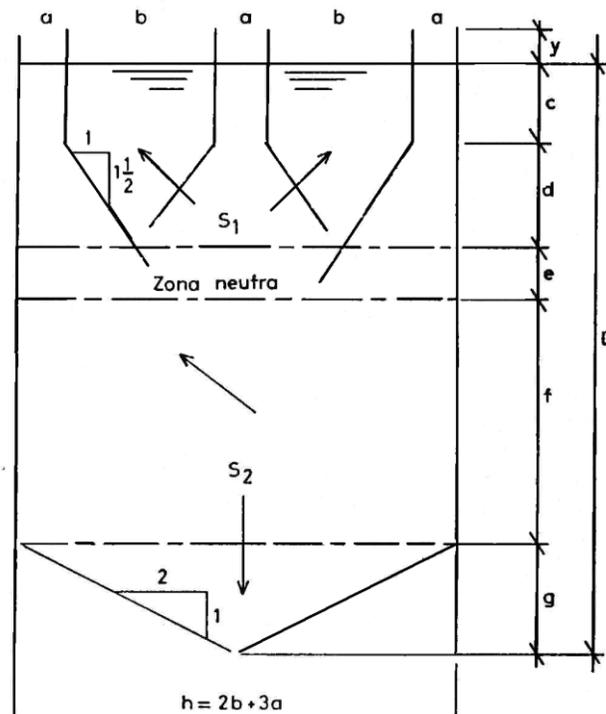


Fig. 3.K Diagrama en corte de un Tanque Imhoff.

Donde:

- a: pasillo de supervisión de los canales
- b: canal de flujo de agua a tratar
- c: altura del canal de flujo
- d: altura de la cámara desarenadora
- e: zona neutra
- f: cámara de gases
- g: cámara de lodos
- h: ancho del tanque

3.3.4 FOSA SÉPTICA Y POZO DE ABSORCIÓN.

Son unidades empleadas en donde no existe una red de alcantarillado sanitario, como pueden ser escuelas rurales, campos o zonas de recreo, hoteles y restaurantes campestres. En general se utilizan para tratar aguas residuales domésticas. Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de lodos; usualmente se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie. En el primer compartimento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento.

Debido a que en la descomposición anaerobia, se producen gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, en donde se vuelva a sedimentar y almacenar, evitando que sean arrastrados con el efluente. Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas, llevando consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que requiere un tratamiento posterior.

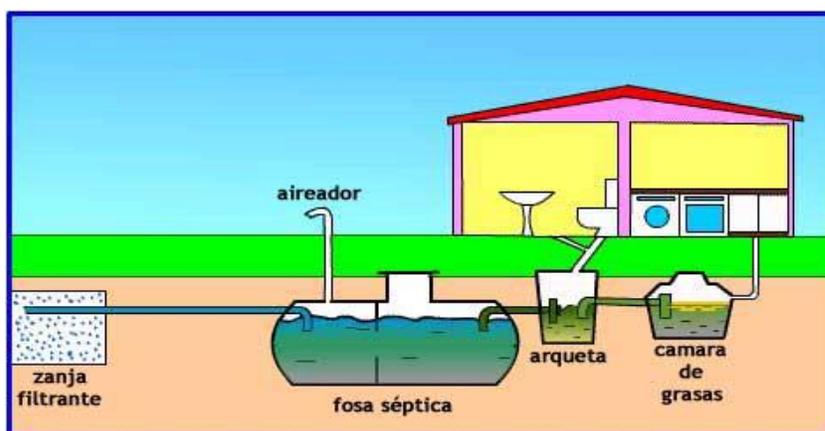


Fig. 3.L Diagrama del funcionamiento de una fosa séptica

POZO DE ABSORCIÓN:

Puede sustituir o ser complementario al campo de oxidación. Consiste en una excavación de 1.00m a 1.50m.de profundidad y de 2.00m a 4.00m de ancho. En este, el agua se infiltra por paredes y piso que deberán ser tomados como permeables, se recomienda llenar de grava a la altura aproximada de 1.00 m. para lograr una buena distribución de agua al fondo.



Fig. 3.M Construcción de un pozo de absorción para una escuela Rural en Apizaco Tlaxcala.

3.3.5 COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y se precipitan. La floculación consiste en la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

Como las suspensiones coloidales son muy estables, hay que aplicar un tratamiento que permita desestabilizarlas, de forma que las partículas puedan aglomerarse. La coagulación consiste en desestabilizar las partículas coloidales por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas y la floculación consiste en la agrupación de las partículas descargadas al ponerse en contacto unas con otras.

Son de tal naturaleza los resultados que se logran mediante el tratamiento primario, junto con los que se logran por la digestión anaerobia de los lodos, que pueden ser comparados con la zona de degradación de la autopurificación de las corrientes. En muchos casos el tratamiento primario es suficientemente adecuado para que se pueda permitir su descarga del efluente a las aguas receptoras, sin que se interfiera con el uso adecuado subsecuente de dichas aguas.

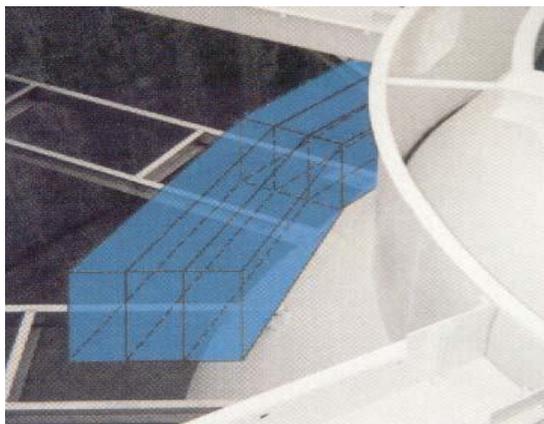


Fig. 3.N Esquema representativo de un tanque floculador.

3.4 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Tratamiento biológico. Su finalidad es eliminar la materia orgánica biodegradable disuelta y coloidal. Los microorganismos son los encargados de eliminar la materia orgánica en el agua residual utilizando la oxidación de la misma para llevar a cabo los procesos de síntesis de la materia celular, estos procesos metabólicos producen un incremento de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Se puede llevar a cabo una clasificación en función a la utilización del oxígeno (procesos aerobios y anaerobios).

Este tratamiento se hace cuando las aguas residuales contienen sólidos orgánicos en suspensión o solución después del tratamiento primario. El tratamiento secundario depende principalmente de los microorganismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o sólidos orgánicos estables. Se obtienen rendimientos elevados (80% a 90%). El tratamiento más utilizado actualmente es el de lodos activos.

Este término comúnmente se utiliza para los sistemas de tratamiento del tipo biológico, en los cuales se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, mismos

endógena. Cuando existen nutrientes, es decir, alimento, actúa el metabolismo microbiano con objeto de producir nuevas células y conseguir energía para que los sólidos que forman los componentes microbianos aumenten. Por el contrario cuando no existe alimento, habrá una dominación de la respiración endógena y se reducirá la presencia de estos sólidos que forman los componentes microbianos.

Por supuesto la masa microbiana no se reducirá hasta anularse, pero bajará hasta llegar a un 20% o 25% de la masa microbiana total sintetizada.

Los tratamientos biológicos se fundan pues, en fenómenos naturales de degradación, de metabolismo y de utilización de nutrientes y de más productos que llevan las aguas residuales consigo, y que así pueden ser aplicados, bien a suelos, a nutrición vegetal, a nutrición animal, o pueden ser alimentados de una forma o de otra.

3.4.2 PROCESOS BIOLÓGICOS BÁSICOS.

En general se pueden definir estos procesos a través de la presencia o ausencia de oxígeno disuelto, es decir, de las condiciones aerobias y anaerobias, lo que lleva consigo condiciones de movilidad o estabilidad de los microorganismos.

Procesos aerobios fundamentales:

- *Lodos activados.*
- *Lechos bacterianos.*
- *Lagunas de oxidación.*
- *Lagunas aireadas.*
- *Depósito de oxidación.*
- *Humedales.*
- *Estanques aireados.*
- *Estanques de oxidación rápida*
- *Digestores mixtos.*

Dentro de los sistemas aerobios se incluyen los de crecimiento controlado de microorganismos y algas que presentan la característica de la fotosíntesis, así también como son los mismos lodos activados, lagunas de aireación, los digestores mezclados y los estanques de oxidación.

Procesos anaerobios fundamentales:

- *Estanques anaerobios.*
- *Digestores.*
- *Filtros anaerobios.*

3.4.3 MICROORGANISMOS.

Los tratamientos biológicos de las aguas residuales contienen una mezcla de microorganismos que son capaces de metabolizar los residuos, es decir, los nutrientes. Existen muchas influencias del medio natural sobre estos microorganismos como pueden ser las acciones de temperatura, ph, acidez, presencia de productos tóxicos, metales pesados o productos químicos de cualquier tipo; que pueden hacer disminuir o eliminar la actividad de estos microorganismos. Los tratamientos biológicos comprenden grupos muy variados de microorganismos como son bacterias, hongos, protozoos, algas, rotíferos, elementos bacteriófagos, etc., el número y variedad de estos grupos dependen de las condiciones ecológicas de cada situación.

3.4.4 NECESIDAD DE NUTRIENTES.

Un tratamiento biológico para que pueda actuar operacionalmente, necesita que las aguas residuales contengan suficiente cantidad de carbono, nitrógeno, fósforo, y elementos minerales, para que la síntesis microbiana sea correcta.

En la mayoría de los casos el balance nutritivo no es un problema, pero en ciertas situaciones pueden presentarse alteraciones. Normalmente el nitrógeno, fósforo y minerales aparecen en cantidades más que suficientes en donde pueden presentarse casos de eutrofización de las aguas cuando el tratamiento no es adecuado, y no olvidar la buena relación con el DBO.

3.4.5 AEROBIOSIS y ANAEROBIOSIS.

Es el proceso básico que utiliza la energía química para la vida de los microorganismos, proporcionando oxígeno como aceptador último de electrones, siendo estos los microorganismos aerobios.

En otro sentido, existen microorganismos que son capaces de ejecutar su función vital en ausencia de oxígeno disuelto los cuales son los microorganismos anaerobios. Algunos de ellos no pueden existir en presencia de oxígeno disuelto, pero otros si son capaces de existir en presencia de pequeñas cantidades de gas. Los organismos anaerobios, en general, consiguen su energía a partir de la oxidación de los complejos que forman la materia orgánica, pero utilizan otros elementos que, por supuesto, no es el oxígeno como agente de oxidación; estos agentes pueden ser tales como: dióxido de carbono, componentes orgánicos incompletamente oxidados, sulfatos, nitratos, etc., en donde el conjunto de estos procesos puede ser una fermentación.

Otro gran grupo de microorganismos además de los aerobios y anaerobios, es el de los facultativos, que corresponde al complejo más razonable de estos seres, puesto que son pocas las especies totalmente aerobias o anaerobias; estos organismos son capaces de funcionar o de subsistir en condiciones aerobias o anaerobias se les conoce como facultativos. Los cuales,

cuando no existe oxígeno en el medio son capaces de obtener energía de la degradación de la materia orgánica por mecanismo anaerobio.

Pero si por el contrario, existe oxígeno, entonces estos seres metabolizan la materia orgánica de manera más completa y en presencia de este elemento; estos organismos pueden obtener más energía en las oxidaciones aerobias que en las anaerobias.

3.4.6 FOTOSÍNTESIS.

El mecanismo de la fotosíntesis es el uso de la energía solar por la clorofila de las plantas verdes para incorporar el dióxido de carbono y otros componentes inorgánicos a la producción de la materia celular; en este proceso se forma oxígeno molecular en donde los organismos fotosintéticos son muy importantes en los sistemas biológicos de tratamiento de aguas, y éstos suelen ser, básicamente, algas y plantas acuáticas flotantes o subacuáticas.

Estos sistemas biológicos son las lagunas de oxidación, las lagunas de estabilización, los depósitos, los lagos, los humedales y todos aquellos sistemas que utiliza una producción intensa de algas para recuperar los nutrientes o para aprovecharlos.



Fig. 3.Ñ Producción de algas por medio de la fotosíntesis en la planta de Tratamiento Cerro de la Estrella, Iztapalapa, D.F.

3.4.7 CRECIMIENTO CONTROLADO.

El sistema que se refiere al crecimiento controlado, consiste en una mezcla de microorganismos y de residuos en el agua. Los microorganismos son capaces de añadir masas de floculantes y unirlos al flujo líquido; al agitar este líquido se producen estos sólidos en suspensión, que pueden ser alimentados mediante difusión o por cualquier otro sistema convencional, aquí se pueden utilizar los sistemas de lodos activados, los estanques aireados, las lagunas de oxidación y los digestores anaerobios.

3.4.8 CRECIMIENTO ADHERENTE.

Otro grupo de interés es el control de crecimiento adherente refiriéndonos a la formación de películas microbianas que se forman sobre superficies que soportan el vertido de las aguas residuales, como el caso de los lechos bacterianos.



Fig. 2.0 Tanques de bio-filtro por medio de membranas plásticas.
Planta de tratamiento, Toluca, Edo. de Méx.

Este sistema comprende depósitos que contienen elementos con gran superficie, como pueden ser piedras, rocas, material plástico corrugado o discos rotatorios. la materia orgánica se adhiere y es consumida por los seres vivos que están situados en estas superficies.

3.4.8.1 BIOFILTRO O REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA) BIOFILTRO

Consiste en un reactor de flujo ascendente, empacado con soportes plásticos o con piedras de 3 a 5 centímetros de diámetro promedio. El coeficiente de vacío debe ser grande para evitar el taponamiento, lo que en algunos casos se traduce en un área específica inferior a $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Debido a la distribución desordenada del soporte, las purgas del todo no son efectivas, lo que provoca una acumulación lenta pero constante de biomasa que con el tiempo crea problemas de taponamiento.



Fig. P Material relleno empleado en el biofiltro

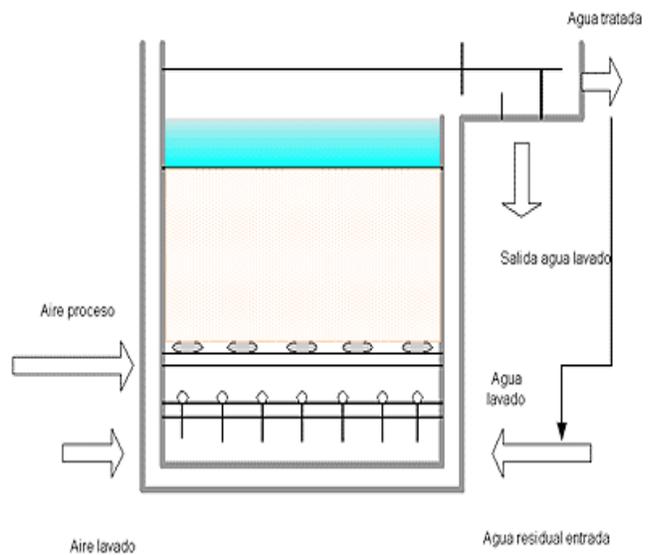


Fig. Q Esquema de funcionamiento de un biofiltro ascendente.

En biofiltración la transformación de la materia orgánica presente en las aguas residuales es llevada a cabo por poblaciones bacterianas que se adhieren al soporte granulado y lo colonizan.

Así, el medio filtrante se acomoda progresivamente debido tanto a la generación de una película biológica en la superficie del soporte como a la retención de las materias en suspensión. El exceso de la biomasa debe ser eliminada periódicamente del sistema para mantener la capacidad de depuración del mismo. Esta operación se realiza mediante un lavado con aire y agua.

La obtención por tanto de una depuración de alto nivel mediante la tecnología de biofiltración exige, una concentración elevada de biomasa activa en el reactor y una optimización de los ciclos de lavado para eliminar regularmente la biomasa en exceso.

REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (RAFA)

El aumento de conciencia de que el tratamiento de efluentes es de vital importancia para evitar la contaminación ambiental, resultó de la necesidad de desarrollar procesos que combinen una alta eficiencia de tratamiento con bajos costos de construcción y mantenimiento (Van Haandel y Lettinga, 1994). El UASB (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente y Manto de Lodos) aparece entonces como una opción viable para el tratamiento de efluentes orgánicos líquidos.

El concepto de reactor UASB fue desarrollado en los años 70 por Lettinga y colaboradores (Lettinga Etal., 1980; Lettinga y Vinken, 1980) y es ahora aplicado mundialmente para el tratamiento de efluentes cloacales en países de clima tropical (Seghezzi Etal., 1998). En climas templados y subtropicales no ha sido utilizado, principalmente por limitaciones de temperatura, la cual afecta la tasa de hidrólisis del material particulado y reduce la eficiencia del tratamiento.

La principal característica de un reactor UASB, además del flujo ascendente, es la formación de un manto de lodo floculento o granular con buena capacidad de sedimentación, en donde se realiza la actividad biológica. La granulación es un proceso que ha sido citado en pocas oportunidades durante el tratamiento de líquidos cloacales (Barbosa y Santa Anna, 1989).

A temperaturas moderadas, la presencia de sólidos en suspensión constituye un inconveniente para el tratamiento anaeróbico. Para superar este inconveniente, se han propuesto sistemas anaeróbicos en dos etapas. En la primera etapa se retienen e hidrolizan parcialmente los sólidos y en la segunda se degradan los compuestos solubles presentes en el líquido, y aquellos generados durante la primera etapa.

El Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) es uno de los parámetros más importantes en todo sistema de tratamiento de aguas residuales. En el caso de los líquidos cloacales, donde la presencia de sólidos en suspensión es considerable, existe un tiempo de retención óptimo que permite una máxima remoción de sólidos y materia orgánica expresada como Demanda Química de Oxígeno (DQO).



Fig. R Reactor (RAFA) en Monterrey, Nuevo León México.



Fig. S Reactor (RAFA) en Cd. Madero, Tamaulipas

3.4.8.2 BIODISCOS.

Originalmente este sistema consistía en una serie de discos de madera, con diámetros entre 1.0 y 3.5 metros, montados sobre una flecha horizontal que giraba durante el movimiento, cerca del 40% del área superficial de los discos se encontraba sumergida en el agua residual. Actualmente se utilizan placas de plástico corrugado y otros materiales en vez de madera.

Cuando el proceso inicia su operación, los microorganismos del agua residual afluyente se adhieren a la superficie del material plástico y se desarrollan hasta que toda esta área quede cubierta con una capa o una película microbiana.

Al girar los discos, la película biológica se adhiere a éstos entrando en contacto, alternamente con el agua residual que está en el estanque y con el oxígeno atmosférico. Al salir las aguas del tanque, los discos arrastran una capa líquida sobre la superficie de la película biológica, lo cual permite la oxigenación del agua y los microorganismos. Debido a la sucesión de inmersiones y emersiones la capa líquida se renueva constantemente. La oxigenación se realiza por difusión a través de la película líquida que queda adherida a la biomasa.

Los microorganismos utilizan oxígeno molecular disuelto para efectuar la degradación aerobia de la materia orgánica, que se utiliza como fuente de nutrientes. El exceso de microorganismos se desprende de los discos debido a las fuerzas cortantes originadas por la rotación de éstos al pasar por el agua. Los microorganismos desprendidos se mantienen en suspensión en el líquido, salen del tanque con el agua tratada y se dirigen hacia el sedimentador secundario, donde son separados de ésta.



Fig. 3.T Biodiscos de fibra y poli carbonato para tratamiento de aguas.

3.4.9 LODOS ACTIVADOS.

DIGESTIÓN

La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas. La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60 %



Fig. 3.U Inyección de lodo activado para el proceso de tratamiento de agua. Planta Cerro de la Estrella, Iztapalapa, D.F.

DESECACION

El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos con arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene 2% de nitrógeno y 1% de fósforo.



Fig. 3.V Prensa deshidratadora de lodos para que sean procesados como abono; planta de tratamiento "Roche" Cuernavaca Mor.

3.4.10 LAGUNAS DE OXIDACIÓN.

Se pueden clasificar en naturales y aireadas.

- Lagunas naturales. Son aquellas en las que se produce la eliminación de la materia orgánica mediante fenómenos de autodepuración, sin la intervención de ningún mecanismo o dispositivo. Las lagunas naturales se clasifican en:
 - Anaerobias. Estas lagunas son la que soportan mayor carga orgánica y tienen una profundidad superior a los dos metros.
 - Facultativas. En estas se presentan los dos tipos de descomposición, la profundidad varía de 1 a 2 metros.
 - Maduración. En estas la descomposición es totalmente aerobia, por lo tanto su profundidad es escasa, del orden de 0.3 a 1 metro.
- Laguna aireada. La diferencia de estos dos procesos, es que en éste, cuenta con un sistema de aireación forzada.

3.4.11 FILTRO VERDE.

Consiste en un terreno cubierto de cultivos agrícolas o de plantaciones forestales que se riega periódicamente con aguas residuales procedentes de un núcleo urbano. La finalidad de este proceso es depurar dichas aguas mediante la acción conjunta del suelo, microorganismos y las plantas.



Fig. 3.W Zonas verdes regadas con aguas tratadas, reserva ecológica del Bosque Nacional de los Remedios y Parque Nacional Naucalli Naucalpan Edo. de Méx.

3.4.12 LECHOS DE TURBA.

Un lecho de turba consta de tres capas: turba, arena y grava. El funcionamiento de estos lechos se basa en que la turba presenta cualidades adsorbentes y de formación de complejos con respecto a las sustancias disueltas y coloidales. Al mismo tiempo se produce una retención mecánica de la materia en suspensión y una depuración biológica.

3.5 TRATAMIENTO Terciario.

El objetivo principal de los tratamientos avanzados o terciarios, es la eliminación de contaminantes específicos de un agua residual. El tratamiento terciario es muy caro por que sólo se lleva a cabo cuando el agua quiere reutilizarse teniendo contacto con el ser humano o cuando hay que eliminar algún contaminante especialmente peligroso. Los procedimientos más habituales de plantas medianas y grandes no van más allá de tratamientos secundarios.

3.5.1 ELIMINACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO.

El método empleado para la eliminación del nitrógeno es de tipo biológico. Consiste en la implantación de un reactor, el cual se mantiene en ausencia de oxígeno, existiendo en estas condiciones algunos tipos de bacterias que reducen los NO_3 nitratos a NO_2 nitritos, para que se lleve a cabo la desnitrificación, se debe realizar previamente la nitrificación en un reactor

aerobio, ya que el nitrógeno que llega no se encuentra en forma de nitratos, sino fundamentalmente en forma amoniacal. El fósforo se puede eliminar por vía química o biológica. La forma química es por precipitación; en un sedimentador primario, secundario o por una decantación mediante la adición de (Cloruro Ferrico) $FeCl_3$

Biológicamente, el fósforo se puede eliminar anteponiendo un reactor anaerobio al aerobio convencional de lodos activados. En el reactor anaerobio algunos tipos de bacterias tienen la propiedad de liberar fósforo, mientras que cuando pasan a condiciones aerobias captan una cantidad superior al liberado, con lo cual se produce una acumulación de fósforo en estos organismos que son expulsados del sistema en el lodo de purga.

3.5.2 ABSORCIÓN.

Algunos materiales tienen la propiedad de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de las fases líquidas en las que se encuentran, a los cuales se les denomina adsorbentes. Los adsorbentes más importantes son: gel de sílice, alúmina, resinas orgánicas y carbón activado.

El carbón activado es el más utilizado por su precio y su superficie específica; se emplea para eliminar: detergentes, colorante, disolventes clorados, derivados aromáticos, fenoles, sabores y olores. Este producto se presenta en dos formas, en grano y en polvo.

- Carbón en grano. Este producto se emplea en forma de lecho filtrante de tal forma que cumple con cuatro funciones: filtración, soporte bacteriano, acción catalítica con los compuestos clorados y adsorción.
- Carbón en polvo. En este caso el carbón se emplea mezclándolo íntimamente con el agua residual y posteriormente se separa por floculación y filtración, por ello resulta más difícil su manipulación y empleo, pero su rendimiento es mayor al carbón en grano.

3.5.3 INTERCAMBIO IÓNICO.

Este proceso consiste en la sustitución de uno o varios compuestos presentes en el agua por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida. Existen dos tipos de intercambiadores:

- Intercambiadores de cationes. Estos minerales contienen en su molécula radicales de función ácida, que se intercambian por cationes minerales u orgánicos.
- Intercambiadores de aniones. En este caso, su molécula tiene radicales en función básica, que se intercambian por aniones minerales u orgánicos.

Las resinas de intercambio iónico se aplican a aguas que ya tienen una cierta calidad y cuando se pretende obtener un agua de gran pureza.

3.5.4 SEPARACIÓN POR MEMBRANAS.

Este proceso permite la eliminación de materia disuelta presente en el agua a tratar. Estos procesos se pueden clasificar según la fuerza impulsora de la separación; en algunos procesos donde la separación se realiza gracias a la diferencia de presiones entre ambos lados de la membrana (microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa y nanofiltración) y en otros, la fuerza impulsora es la diferencia de potencial establecido por dos electrodos (electrodialisis).

- Ultrafiltración y microfiltración. Estos dos procesos se diferencian por el tamaño de las partículas que separan. La membrana consiste en una capa de soporte y una capa activa; esta última es la que realiza la separación. Existen membranas tanto de materiales orgánicos, como inorgánicos, siendo estos últimos los más resistentes.
- Ósmosis inversa y nanofiltración. La ósmosis inversa se basa en aplicar al agua una presión mayor que su presión osmótica, de forma que si se alimenta a esa presión una corriente de agua a una membrana semipermeable el agua pura fluye desde la parte más concentrada a la menos concentrada, quedando retenidas las sales en la membrana. El proceso de nanofiltración es idéntico al de ósmosis inversa, pero en este se trabaja a menor presión. A diferencia de las membranas de microfiltración y ultrafiltración, las empleadas en la ósmosis inversa son densas, no se presentan poros, por lo que el flujo a través de la membrana se debe a la difusión. Las membranas de nanofiltración presentan características intermedias entre la ósmosis inversa y las de ultrafiltración.
- Electrodialisis. En este proceso se somete un líquido rico en iones a un campo eléctrico, de tal forma que los cationes van hacia el electrodo negativo y los aniones al electrodo positivo. Si se coloca entre los electrodos un conjunto de membranas selectivamente dispuestas, se limita la migración de los iones. Con este sistema se consigue desmineralizar el agua, sin embargo, las moléculas no ionizadas y los coloides permanecen en el agua tratada.

3.5.5 OXIDACIÓN AVANZADA.

En las aguas residuales industriales aparecen a veces contaminantes que no se pueden descomponer biológicamente y que se deben eliminar. Se han desarrollado unos procesos de oxidación con ciertos compuestos de alto poder oxidante que son capaces de destruir esas moléculas, ya sea descomponiéndolas totalmente a Bióxido de Carbono (CO) y Agua (H₂O), o bien transformándolas a otros compuestos menos peligrosos. Estos procesos se denominan de oxidación avanzada, y la oxidación avanzada del agua residual se realiza con alguno de los siguientes oxidantes:

- Ozono (O₃).
- Peróxido de hidrógeno (H₂O₂).
- Combinación de ozono y radiación ultravioleta.
- Combinación de ozono, radiación ultravioleta y peróxido de hidrógeno.
- Oxígeno a altas temperaturas y presiones (oxidación húmeda).

3.6 DESINFECCIÓN

La desinfección es la eliminación de organismos patógenos del agua, este proceso se utiliza tanto en las plantas potabilizadoras, como en las depuradoras. En las plantas potabilizadoras se eliminan todos los organismos que el agua pueda llevar para evitar el riesgo de enfermedades al consumirla, y en las plantas de tratamiento es un método que puede emplearse para muy diversos propósitos, aunque el principal es el de eliminación de organismos. La desinfección se realiza después del tratamiento biológico, aunque en el caso del cloro este puede realizarse en todas las etapas de un tratamiento de aguas residuales, y aún antes del tratamiento preliminar. La desinfección puede llevarse a cabo de dos formas: por filtración o por destrucción de gérmenes. Los procesos utilizados para filtrar los gérmenes son la ultrafiltración y la microfiltración. En cuanto a la destrucción de los gérmenes, ésta se puede llevar a cabo por medios físicos y químicos.

3.6.1 MEDIOS FÍSICOS

Estos consisten en aplicar altas temperaturas de 50°C a 65°C o radiación ultravioleta. Si se aplican altas temperaturas a una agua residual durante un cierto tiempo se produce la eliminación de organismos patógenos (Pasteurización). En cuanto a la luz ultravioleta, ésta se produce mediante una lámpara de cuarzo. La longitud de onda más usada se sitúa entre 250 y 270 nm. Se cree que la radiación inicia una reacción que lleva a la destrucción del protoplasma celular de los microorganismos impidiendo su reproducción o provocando su muerte.

3.6.2 MEDIOS QUÍMICOS.

Estos consisten en la aplicación de ozono y cloro.

- Ozonación. La acción desinfectante del ozono se debe a que se descompone fácilmente de acuerdo a la siguiente reacción: $O_3 \rightarrow O_2 + O$

Siendo el oxígeno atómico el elemento que destruye a los agentes patógenos.

- Cloración. El cloro es un oxidante que destruye las materias orgánicas al destruir las enzimas indispensables para la vida de los agentes patógenos. Se aplica cloro con el siguiente propósito:
 - Desinfección o destrucción de los organismos patógenos.
 - Prevención, control de olores y protección de las estructuras de la planta.

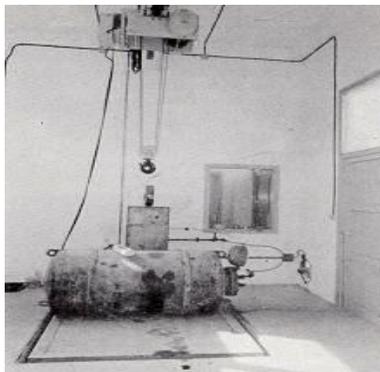


Fig. 3 X Cilindro con gas cloro para la desinfección.

Otros desinfectantes son la plata y el bromo. Los romanos utilizaron la plata coloidal para preservar la calidad del agua en jarras de almacenaje, ya que en concentraciones de 0.05 mg/l la plata es tóxica para la mayoría de los microorganismos. La plata sirve para las unidades pequeñas portátiles que se usan en campo, y son filtros de bujía con grava impregnada de plata que quita la turbiedad y desinfecta, aunque el costo es excesivo para abastecimientos que no son muy pequeños. El bromo es un halógeno como el cloro y tiene propiedades de desinfección similares, algunas veces se usa en albercas, ya que el residuo del bromo es menos irritante para los ojos que el residuo del cloro.

Los factores que afectan la eficacia de los desinfectantes son: la naturaleza del desinfectante, su concentración, el tiempo de contacto, la temperatura, el ph y los tipos y concentración de los microorganismos.

3.7 TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LODOS

Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario. Mientras que en algunos casos es satisfactoria la disposición de ellos sin someterlos a un tratamiento, generalmente es necesario tratarlos en alguna forma para prepararlos o acondicionarlos para disponer de ellos sin originar condiciones inconvenientes. Este tratamiento tiene dos objetivos, eliminar parcial o totalmente el agua que contiene los lodos para disminuir su volumen y, que se descompongan todos los sólidos putrescibles transformándose en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente inertes.

Los procesos que se utilizan para este tratamiento son:

Concentración.

Para este proceso se disponen de varios métodos:

- Espesamiento.
- Flotación con productos químicos y aire.
- Centrifugación.

Estabilización.

Para cumplir con este objetivo se puede utilizar.

- Digestión aerobia, con o sin la aplicación de calor.
- Digestión anaerobia, con o sin la aplicación de calor.
- Incineración.
- Oxidación húmeda.

Deshidratación.

Se reduce el volumen mediante la eliminación de agua.

- Secado en lechos de arena, cubiertos o descubiertos.
- Filtración al vacío.
- Secado aplicando calor.
- Centrifugación.

Evacuación Final.

El destino de los lodos y subproductos se pueden clasificar en:

- Abono de suelos.
- Venta de subproductos.
- Descarga a un vertedero.

TABLA 3.8 RENDIMIENTOS RELATIVOS DE REMOCIÓN (%) DE LAS OPERACIONES Y PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

OPERACIÓN O PROCESO	DBO A 20° C	SOL. SUSP.	BACTERIAS	DQO
Cribado fino	5 – 10	2 – 20	10 – 20	5 – 10
Cloración de aguas negras crudas o sedimentadas	15 – 30		90 – 95	
Sedimentación simple	25 – 40	40 – 70	25 – 75	20 – 35
Precipitación química	50 – 85	70 – 90	40 – 80	40 – 70
Filtros percoladores precedida y seguida por sedimentación.	50 – 95	50 – 92	90 – 95	50 – 80
Lodos activados precedidos y seguidos por sedimentación simple.	55 – 95	55 – 95	90 – 98	50 – 80
Lagunas de estabilización.	90 – 95	85 – 95	95 – 98	70 – 80
Cloración de aguas negras tratadas biológicamente.			98 – 99	

CAPÍTULO 4

INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO EN UNIDADES HABITACIONALES

4.1 DATOS BÁSICOS PARA LA SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Para seleccionar una planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario determinar principalmente dos aspectos: 1) el tamaño, que depende de la cantidad y calidad de aguas por tratar, y 2) el conjunto de procesos que deben intervenir.

Para satisfacer el primer requisito es importante cuantificar mediante aforos representativos, el agua de desecho. Siendo difícil establecer la cantidad de agua residual producida, pues depende del consumo del ser humano y del volumen desalojado por los hogares, de la eficiencia de la red colectora y de la captación de agua pluvial en drenajes combinados de forma general. Sin considerar el agua de lluvia, se estima que las descargas por habitante en la Ciudad de México varían entre 150 y 300 l/hab/día.

La calidad de las descargas depende de su origen, generalmente se generan en los hogares o en los municipios. Las aguas negras domésticas o aguas residuales urbanas provienen de grandes ciudades, presentando variaciones y fluctuaciones en el gasto y en su composición a lo largo del día y del año. Es frecuente que el flujo de agua que llega a las plantas de tratamiento contenga agua residual doméstica, industrial y pluvial, entonces se le denomina “agua municipal”.

Durante la selección del proceso de tratamiento se debe asegurar que las condiciones técnicas y económicas del organismo operador permitan el funcionamiento adecuado del sistema. Para facilitar el tratamiento del agua municipal es importante tratar previamente las descargas industriales antes del vertido al drenaje, ya que estas tienen características y volúmenes muy variables, tanto en función del proceso como de la hora del día o la estación del año.

Por lo tanto, es muy arriesgado emplear soluciones estándares o prefabricadas; sin embargo cuando estas plantas de tratamiento son empleadas, es importante visualizar las posibles modificaciones a los procesos para recuperar algunos subproductos de interés como los lodos para abono de tierra o para colocar una capa sobre contenedores de composta en jardines y retener la basura así como las arenas para no entorpecer el funcionamiento de la planta prefabricada y el funcionamiento de la red colectora de aguas negras.

Para atender el segundo requisito, es decir, el conjunto de procesos que intervienen en el tratamiento, es necesario considerar que las plantas se componen de una combinación de procesos y operaciones unitarias, que tienen por objeto reducir determinados compuestos. Las combinaciones son múltiples y se acostumbra agruparlas por el tipo de contaminante que remueven.

Los constituyentes que con mayor frecuencia se analizan son: sólidos totales, (disueltos, volátiles, suspendidos y sedimentables). Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitrógeno, fósforo, grasas, ph y alcalinidad. Se creía que estos eran suficientes para caracterizar el agua residual con vistas a su tratamiento, pero a medida que avanza el conocimiento se manifiesta la importancia de realizar análisis más complejos.

Una planta de tratamiento puede estar trabajando con varios procesos y deben seguirse un procedimiento lógico. La elección de un proceso determinado de tratamiento debe basarse en el estudio de ciertas condiciones como por ejemplo:

- Calidad del agua a tratar.
- Condiciones de las corrientes aguas abajo del tratamiento.
- Eficiencia y características del proceso.
- Cantidad del agua que se disponga.
- Condiciones existentes para la evacuación del lodo.
- Disponibilidad de materiales y la vida probable de las estructuras y equipos.
- Disponibilidad de elementos para la conservación y reparación de la planta.
- Disponibilidad y experiencia del personal de operación.
- Área del lugar, topografía y condiciones del subsuelo.
- Carga hidráulica necesaria para el funcionamiento de los distintos procesos.
- Costos de instalaciones y operación.
- Restricciones legales locales.
- Influencias tradicionales, costumbres, política y cultura en general.

Estas condiciones no deben considerarse como independientes unas de otras, y dados los diferentes factores que pueden presentarse, es imposible establecer reglas fijas para la adopción de un tipo específico de tratamiento. Al comparar diferentes procesos, hay que tener en cuenta que su diseño es muy importante para llevar a cabo un funcionamiento óptimo de las instalaciones aprovechando al máximo su inversión, materiales y recursos humanos disponibles. Se recomienda para los países en vías de desarrollo los siguientes lineamientos para el diseño y construcción de plantas de tratamiento:

- El uso de equipo mecánico debe ser producido localmente por que si se adquieren equipos internacionales los costos se elevaran y las instalaciones ya no serán factibles.
- Prevenir los dispositivos basados en principios hidráulicos que aprovechan la gravedad terrestre.
- La pérdida de carga debe reducirse en tanto sea posible.
- La mecanización y la automatización son apropiadas sólo cuando se dificulta la operación manual o en los casos en que se aumente notablemente la confiabilidad.
- Se debe utilizar material y manufactura local para generar empleo en la localidad.
- El organismo que opere y mantenga la instalación debe tener la capacidad de reclutar, adiestrar y retener al personal de los diversos niveles requeridos para una operación continua.

El proyecto de una planta de tratamiento, la selección y análisis de los diagramas de flujo de los procesos correspondientes, exige tanto del conocimiento teórico como de la experiencia

práctica dependiendo de las aguas a tratar. El siguiente paso consiste en el dimensionamiento de las instalaciones, que depende del criterio de diseño y del proceso adoptado.

Una vez seleccionado el diagrama de flujo y determinadas las instalaciones, se deben calcular las líneas piezométricas que son necesarias tanto para los gastos pico como para los gastos medios. Las líneas piezométricas se preparan por tres razones:

1. El gradiente hidráulico debe ser suficiente para que se desarrolle un flujo por gravedad.
2. Para establecer alturas de impulsión requerida para el cálculo del bombeo.
3. Para que las instalaciones de la planta no se inunden o que el agua alcance cotas no previstas durante los períodos que presenten gasto punta.

Tabla 4.1 Operaciones y procesos para el Tratamiento del agua

CONTAMINANTE	PROCESO/ OPERACIÓN/ SISTEMA
Sólidos suspendidos	Sedimentación, desarenador, cribado, filtración, flotación, coagulación-floculación y disposición en terreno.
Compuestos orgánicos biodegradables	Sistemas biológicos: lodos activados, lagunas, biodiscos, filtros percoladores y reactores anaerobios.
Organismos patógenos	Para huevos de helmintos: tratamiento primario avanzado, coagulación-floculación, lagunas y embalses. Para bacterias y protozoarios: cloración, ozonación, radiación ultravioleta, desinfección solar y filtración lenta.
Nitrógeno	Nitrificación-desnitrificación, intercambio iónico y cloración al punto de quiebre.
Fósforo	Precipitación química y remoción biológica.
Compuestos orgánicos refractarios	Carbón activado y ozonación.
Metales pesados	Precipitación, primario avanzado e intercambio iónico.
Sólidos disueltos	Procesos de membranas, electrodiálisis e Intercambio iónico.

4.2 SELECCIÓN DEL NIVEL DE TRATAMIENTO.

La mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales están dirigidos a alguno de los siguientes objetivos o a una combinación de ellos:

- Cumplimiento del marco normativo.
- Reutilización
- Protección ecológica.

Estos objetivos proporcionan el marco del nivel de tratamiento que se debe alcanzar. La selección del proceso no es sencilla, por lo que se recomienda efectuar un estudio de tratabilidad, que confirme que se obtiene el nivel deseado al menor costo. Estas pruebas tienen por objeto determinar si los contaminantes del efluente son susceptibles de ser eliminados con

la eficiencia requerida, ya que mediante ellas se pueden descartar procesos que no se adapten al tipo de efluente ni al nivel seleccionado y determinan los parámetros para el correcto dimensionamiento y operación de una planta. Las dos principales pruebas de tratabilidad que existen son: 1) la prueba de jarras y 2) la determinación de las constantes de biodegradabilidad.

4.2.1 PRUEBA DE JARRAS.

Sirve para determinar si un afluente puede ser tratado de manera rentable y con la eficiencia deseada mediante un tratamiento con floculación-coagulación. El ensayo consiste en colocar el agua residual en vasos de precipitados y añadir progresivamente diferentes cantidades de coagulante. Se somete el juego de vasos (jarras) a una agitación rápida para homogeneizar el medio y posteriormente, a una agitación lenta para favorecer la formación del coágulo. Pasado un cierto tiempo, se dejan los vasos en reposo y se analiza tanto el sobrenadante (producto de la coagulación) como los lodos producidos.



Fig. 4.1 Prueba de jarras. Planta de Tratamiento Naucalli, Naucalpan, Edo. de Méx.

Con estos ensayos es posible determinar: el coagulante o floculante óptimo, el mezclado necesario, el pH, la dosis óptima y el rendimiento máximo alcanzable. La duración de la prueba es de una semana.

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DE BIODEGRADABILIDAD.

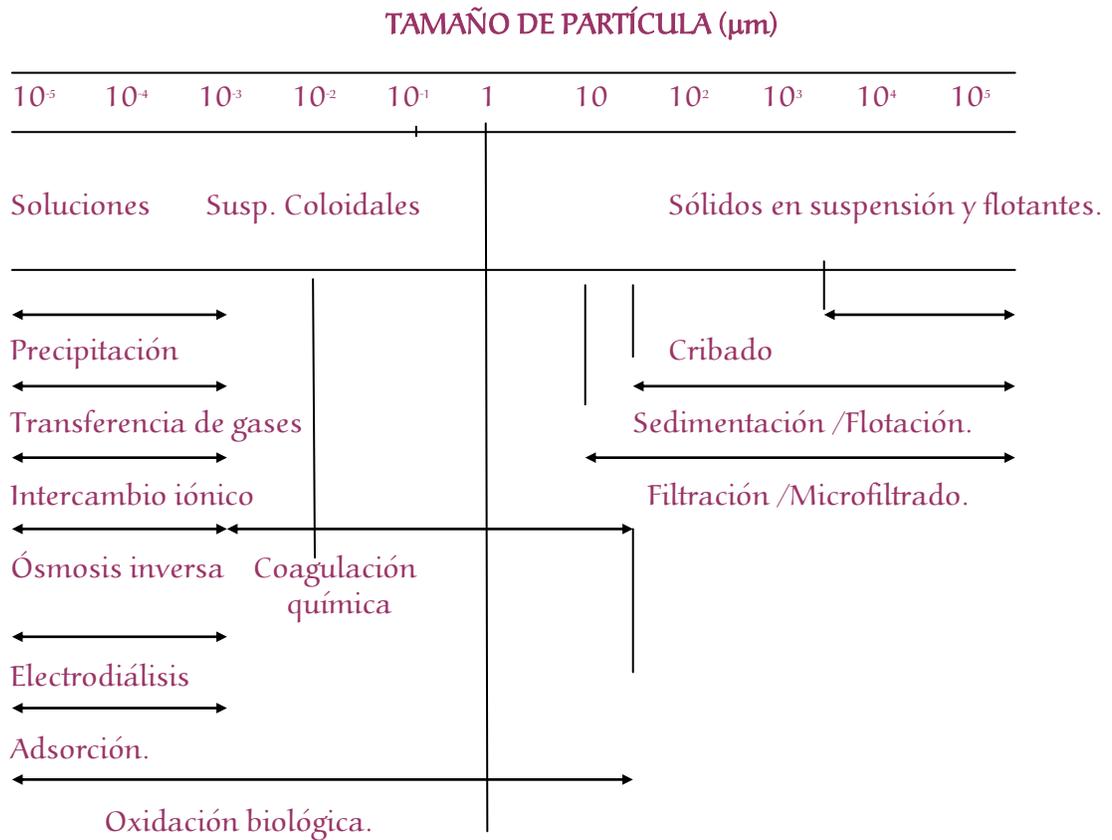
Este ensayo tiene como finalidad establecer si el agua puede ser tratada mediante procesos biológicos aerobios o anaerobios. Su realización es mucho más importante que el caso anterior, ya que la constante biodegradabilidad en los sistemas de tratamiento varían en función de muchos parámetros, siendo el principal el tipo de agua residual que es vertida al drenaje ya que contienen diferentes composiciones químicas. Para llevar a cabo este experimento es necesario tener un conjunto de microorganismos que sean capaces de biodegradar el efluente en cuestión.

Este proceso, denominado aclimatación, no pretende encontrar un microorganismo específico sino únicamente seleccionar aquellos que realicen la tarea con mayor eficiencia sin proceder necesariamente a su identificación. La duración de esta etapa de aclimatación puede ser corta

(una semana), o larga (un mes), dependiendo el tipo de efluente que se tenga. La determinación de la constante de biodegradabilidad se lleva a cabo simulando en el laboratorio el proceso biológico que se pretende utilizar (con aire o sin aire). Periódicamente, se realiza un muestreo y se analiza la concentración de microorganismos y la cantidad restante de material el cual es contaminante. Obtenidos estos resultados para diversas condiciones de operación (principalmente tiempos de retención hidráulica), se procede a calcular los parámetros dinámicos como la fuerza de presión, fuerza de gravedad y velocidad en el flujo del canal mediante la aplicación de modelos matemáticos. La duración de la prueba es de uno a seis meses y tiene un costo variable.

La amplitud de alternativas disponibles, hace posible obtener cualquier calidad de agua tratada a partir de cualquier fuente. La elección del proceso de tratamiento apropiado se facilita mediante la realización de investigaciones de campo y laboratorio. Es esencial una inspección sanitaria que identifique las fuentes de contaminación y ayude a caracterizar la calidad del agua residual durante las estaciones secas y húmedas. Los estudios a escala piloto son de gran utilidad para evaluar los parámetros de diseño en los procesos de filtración y sedimentación.

En el siguiente esquema se indican los tipos de procesos que se requieren para remover las partículas de acuerdo a su tamaño; siendo de gran utilidad para seleccionar aquel que logrará el nivel de tratamiento que se pretende alcanzar.



4.3 NORMAS PARA LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Debido a la problemática que presentan las descargas de aguas residuales, la autoridad ha obligado a todas las empresas que viertan agua a la red colectora de aguas negras municipales, estatales o federales; a partir del 1° de Enero del año 2000, a cumplir con el ordenamiento que regula las descargas de aguas residuales a los drenajes, obligando a los empresarios a pagar acorde a la calidad de estas con base a lo descrito en la ley federal de derechos, en una primera instancia (obras nuevas) y en segunda instancia ordena a las ya existentes al cumplimiento de la norma oficial mexicana que aplique en el lugar donde se lleven a cargo dichas descargas (NOM-001 Y NOM-002).

Artículo 1. De conformidad con el artículo 29 de la ley No. 39, de la Secretaría de Salud en consulta con la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para la ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, establece los requisitos siguientes:

- a. En lugares donde existan redes de alcantarillado sanitario en funcionamiento y en los alrededores; deberán estudiarse en conjunto con la institución que administre el servicio, la posibilidad de conexión al sistema para el tratamiento del afluente.
- b. Deberá estudiarse el uso de tanques sépticos y drenajes individuales, diseñados conforme el procedimiento establecido en las Normas de Presentación, Diseño y Construcción para Urbanizaciones, Fraccionamientos y Condominios, conforme al Acuerdo No. 31, si en el lugar, no existe alcantarillado sanitario.
- c. El urbanizador deberá construir la red interna de alcantarillado sanitario en zonas establecidas por las instituciones que administran el servicio. Adicionalmente, las instalaciones sanitarias intradomiciliarias deberán proyectarse de forma tal que garanticen la eliminación del uso de tanques sépticos y drenajes individuales y la conexión futura al sistema de alcantarillado, una vez habilitado este.

Artículo 2. Los casos en que mediante análisis técnico detallado, se descarte la conexión al alcantarillado sanitario y el uso de tanques sépticos y drenajes a que aluden los incisos a) y b) del Artículo anterior, se deberá analizar la utilización de plantas de tratamiento de aguas residuales, para cuya revisión y aprobación de su ubicación se requiere:

- a. Presentar solicitud escrita acompañada con una lámina conteniendo el diseño de sitio, ubicación del sistema de tratamiento y su localización relacionada con el diseño del desarrollo propuesto, a la escala veinte y una breve descripción del tratamiento a emplear.
- b. La descarga del efluente en el sistema de tratamiento deberá hacerse a un cuerpo receptor de aguas de escorrentía y flujo permanente que no sea utilizado aguas abajo para consumo humano. Si el cuerpo receptor recargara a un acuífero y fuera explotado

aguas abajo de su recarga para consumo humano, la aprobación del respectivo vertido, deberá someterse a la institución que administra la explotación de ese acuífero.

- c. Entre la obra civil del sistema de tratamiento y los linderos de propiedad donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento, deberá dotarse una área libre mínima de veinte metros a su alrededor.
- d. La separación de los sistemas de drenaje y pozos de registro, relacionados con los límites de propiedad, donde está ubicada la planta de tratamiento, deberán analizarse de conformidad con las condiciones topográficas, del subsuelo, climatológicas y otras, específicas. En ningún caso podrá ser menor de cinco metros.
- e. La ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de actividades industriales o comerciales, será analizada específicamente, conforme a las características del agua residual y las condiciones propias del sitio. En caso de que el afluente industrial se pretenda verter al sistema de alcantarillado sanitario existente, deberá acatarse lo dispuesto en el Acuerdo No.31 de 1999, a que alude el inciso b) del numeral 1) de las presentes disposiciones y las normas establecidas por las instituciones que administran el servicio.

Artículo 3. La Secretaría de Salud solicitará el criterio técnico de otras instituciones involucradas cuando así lo estime conveniente.

Artículo 4. Aprobada la ubicación de los sistemas de tratamiento, el solicitante deberá además, cumplir con:

- a. Los requisitos para la revisión de los sistemas de tratamiento de aguas residuales establecidos por la Secretaría de Salud y la Comisión Nacional del Agua. CNA
- b. Los requerimientos para la presentación de proyectos de tratamiento de aguas residuales estarán establecidos por la CNA y el IMTA quien velará por su estricta aplicación como así también los gobiernos estatales y municipales.

El 3 de Abril de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el proyecto de la presente Norma Oficial Mexicana que en los términos del artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización en Prevención y Control de Enfermedades, fue expedida la siguiente norma: **Norma Oficial Mexicana NOM-16-SSA2-1994** la cual es para la vigilancia, prevención, control, manejo y tratamiento de las aguas residuales, por lo tanto la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) hace énfasis en los siguientes puntos desglosadas por la norma anterior.



Fig. 4 2 Tanque de pruebas biológicas. Planta de Tratamiento de Industrias Agropecuarias de Torreón, Coahuila.



Fig. 4 3 Pruebas de laboratorio. Industrias Agropecuarias Torreón, Coahuila.

Tabla 4.2 Normas de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

NOM-001-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	6 de Enero de 1997	Norma
NOM-002-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	3 de Junio de 1998	Norma
NOM-001-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las en las descargas de aguas residuales o cuerpos receptores provenientes de la industria, actividades agro-industriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.	18 de Octubre de 1998	Norma
NOM-001-ECOL-1996	Establece los procedimientos y Alineamientos que se deberán observar para la rehabilitación, mejoramiento y conservación de los terrenos forestales de pastoreo.	10 de Diciembre de 2001	Norma

4.4 GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS, TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

Las alternativas de selección en los sistemas de tratamiento se basaban en criterios técnicos complementados con los económicos. Sin embargo, esto da lugar a proyectos ejecutivos que no se construyen y a proyectos construidos que fueron rechazados por el usuario final o el organismo municipal; por ello la selección de alternativas debe hacerse en forma integral considerando los siguientes criterios.

- Técnicos.
- Económico-financiero.
- Sociales y ambientales.
- De sustentabilidad.

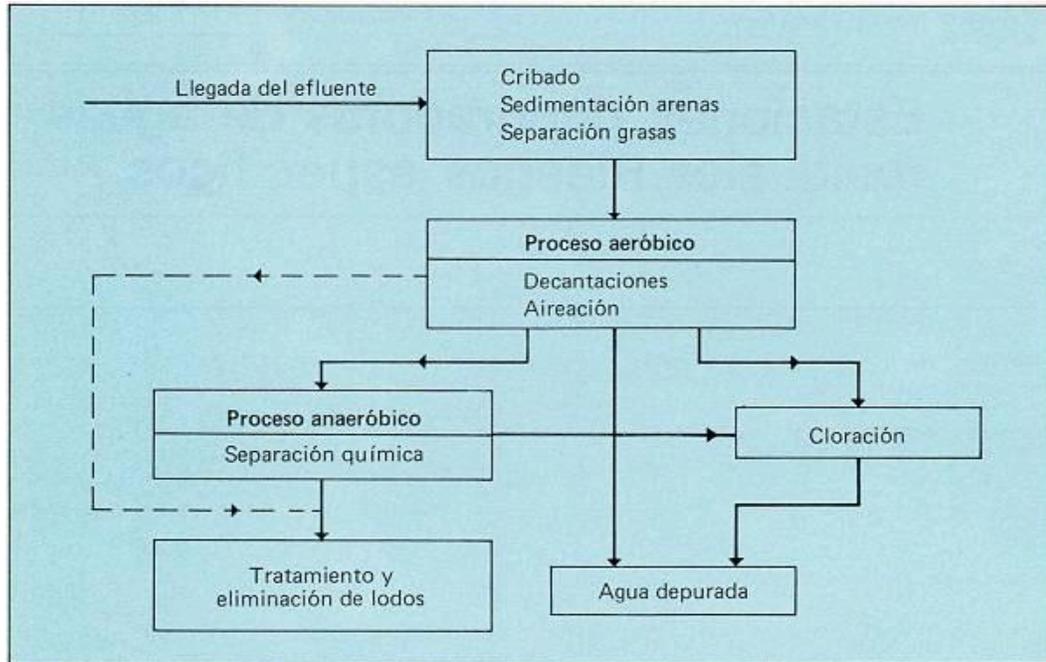


Fig. 4.4 Estructura general de un proceso de tratamiento de aguas residuales para dar una calidad de un 85% en el proceso.

4.4.1 Aspectos técnicos.

El aspecto técnico es fundamental en la selección de un proyecto de tratamiento de aguas residuales, determinado en gran medida por las características del agua residual a tratar y la calidad deseada. Entre la calidad del agua cruda y la deseada, se debe conceptuar y diseñar un tren de tratamiento conformado por una serie de operaciones y procesos técnicamente adecuados, aplicables a las características específicas del proyecto y confiables en su operación y eficiencia de remoción de contaminantes. Los puntos clave para el desarrollo y ejecución de un proyecto exitoso son:

- Características del efluente municipal crudo.
- Tecnologías de tratamiento.
- Características del sitio.
- Generación, manejo y disposición de los subproductos del tratamiento.

4.4.2 Características del efluente municipal crudo.

Es necesario contar con información sobre la cantidad y calidad del agua residual cruda. La situación ideal es que el organismo operador cuente con una caracterización de sus emisores, un muestreo mensual, con el fin de conocer y tomar en cuenta las variaciones estacionales en la concentración de contaminantes. Para el diseño y selección de alternativas es necesario contar con información de siete días, para considerar la variación horaria y diaria del efluente.

4.4.3 Tecnologías de tratamiento.

Existe un gran número de criterios para agrupar y clasificar las tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales, algunos de ellos son:

- Por el nivel de calidad del afluente tratado y el uso de operaciones y procesos físicos, biológicos o físico-químicos.
 - Tratamiento primario.
 - Tratamiento secundario.
 - Tratamiento terciario o avanzado.
- Por el requerimiento de oxígeno durante los procesos de tratamiento biológico.
 - Procesos aeróbicos.
 - Procesos facultativos.
 - Procesos anaeróbicos.
- Por la utilización del terreno y el uso de medios mecánicos y consumos de energía.
 - Sistemas naturales
 - Sistemas mecanizados o intensivos.
- Por el estado de la comunidad biológica que lleva a cabo la síntesis de contaminantes.
 - Sistemas biológicos de medio suspendido
 - Sistemas biológicos de medio adherido o fijo.

El sistema de tratamiento deberá incluir las operaciones de pretratamiento mínimas (cribado, tamizado, desarenado y flotación de grasas y aceites). La selección del proceso de tratamiento, que removerá la mayor parte de contaminantes, se debe basar en la experiencia previa y utilización del proceso para el tratamiento de aguas residuales con características y condiciones similares.

Algunos procesos como los lodos activados, los filtros biológicos y los biodiscos son sumamente eficientes en la remoción de contaminantes, sin embargo los costos de operación y mantenimiento son relativamente altos.

En el caso de algunas tecnologías intermedias, como el Tratamiento Primario Avanzado (TPA) mediante la adición de sales de fierro o aluminio al agua residual, es fundamental conocer la fracción soluble de la (DBO) y su variación estacional e incluso horaria, debido a que si bien esta operación es capaz de remover casi la totalidad de la (DBO) suspendida, la remoción de su fracción soluble es mínima. Más aún, si ésta fracción soluble excede de los 150 mg/l el sistema de tratamiento no es capaz de alcanzar lo dispuesto por la NOM-001.

Los sistemas naturales tienen varias ventajas para el tratamiento de aguas residuales de poblaciones medianas, pequeñas y grandes. Su buen desempeño en la remoción de parámetros bacteriológicos y su bajo costo de operación y mantenimiento, representan ventajas muy atractivas para este tipo de sistemas, sus limitantes son los requerimientos de extensas áreas de terreno planos con material adecuado; lo cual repercutirá en el mediano y largo plazos en un proyecto con mayores posibilidades de sustentabilidad.

4.4.4 Características del sitio.

Son condicionantes que impactan en la selección tecnológica y el desarrollo de un proyecto. Las restricciones más frecuentes son: extensión del terreno, características geotécnicas del sitio y el uso del suelo.

- Extensión del terreno. Los requerimientos del área para el proyecto están definidos en gran medida por el caudal del agua a tratar y el proceso de tratamiento seleccionado.
- Características geotécnicas del sitio. Es fundamental que las características del terreno en el que se desplante el sistema de tratamiento permitan alojar las unidades y los equipos seleccionados a un costo razonable; garantizando la estabilidad estructural y la vida útil de la obra civil construida con este fin. Para salvaguardar los suministros vitales de agua, las estimaciones sobre el nivel máximo de las aguas se pueden basar con el cálculo de una lluvia con un **Tiempo de Retorno** de 50 a 100 años según muestras estadísticas tomadas por departamentos hidrológicos del país.
- Entre las distintas formas de proteger las plantas se encuentran:
 - Construir las por encima del nivel máximo de aguas.
 - Rodearlas por medio de mampostería.
 - Construir herméticamente las estructuras de los sótanos.
 - Ubicar el equipo delicado por encima del nivel máximo de inundación.
- Uso del suelo. Normalmente las plantas se encuentran rodeadas por terrenos de usos agropecuarios o baldíos con vegetación natural. Sin embargo existen casos en que los terrenos contiguos a la planta alojan zonas habitacionales. No se debe olvidar que las

plantas de tratamiento son fuente potencial de emisión de olores y ruido, riesgo a la salud pública y almacenamiento de productos considerados peligrosos. Lo anterior impone al proyecto una serie de condiciones que se deben abordar durante el desarrollo de la ingeniería conceptual y básica.

4.5 ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS.

El costo del proyecto de saneamiento es un elemento importante para seleccionar la tecnología de tratamiento, por lo tanto, es necesario hacer la estimación del costo de inversión y del costo de operación de cada una de las alternativas evaluadas.

4.5.1 Costo de Inversión.

Con la información adecuada, de las características del sitio y de los costos de construcción y equipamiento, se pueden obtener los costos con la aproximación necesaria para la evaluación de alternativas. La información de campo que se requiere es principalmente la relativa a la topografía, geotécnica y los costos típicos de construcción; la geotécnica es particularmente importante porque las características del sitio implican costos que pueden descalificar alguna alternativa.

Para la estimación de costo existen varios procedimientos:

- Uso de costo índice. Estos son reportados por algunas publicaciones nacionales e internacionales; dichas publicaciones son muy útiles, pero tienen que complementarse con información adicional específica del proyecto.
- Programas de dimensionamiento preliminares y estimación de costos de uso general o específico. Estos proporcionan una mejor estimación que el método anterior, pero tienen algunas deficiencias en lo referente a las tecnologías y requieren un extenso número de parámetros de costos.
- Extrapolación de costos de proyectos similares. De existir información aplicable, puede ser el método más útil, sin embargo, en pocos casos se dispone de ella.

4.5.2 Costos de Operación y Mantenimiento.

Una vez que la planta ha sido construida se requieren recursos para su adecuada operación y mantenimiento. Estos pueden ser:

- Mano de obra de operación y mantenimiento.
- Energía eléctrica.
- Materiales y equipos de mantenimiento.
- Sustancias químicas.
- Costos de administración.

- Laboratorio y análisis.
- Reposición de equipo.

4.5.3 Costos Integrados.

Para comparar ambos costos, se recurre a convertir los costos de inversión a costos de amortización por un periodo de tiempo dado. La integración de ambos costos puede estar en relación con un periodo determinado o a un volumen tratado. Para el cálculo de los costos de amortización deben emplearse los valores de periodo de amortización y de la tasa de interés que sean aplicables a las condiciones de costo del dinero y del periodo de pago del proyecto.

4.5.4 Evaluación de costos de inversión.

La implantación de sistemas de tratamiento se considera como obra autofinanciable, es decir, las autoridades municipales deberán promover el otorgamiento de créditos para la construcción de la obra. La amortización de esta deuda y el dinero para la operación y el mantenimiento del sistema se deberán captar mediante el cobro de cuotas, que por concepto de servicios en el tratamiento de sus aguas residuales se cobre a los usuarios, siendo estos desde la casa habitación, hasta establecimientos comerciales y de servicios, es decir, se considera como usuario a todo aquel que descargue aguas residuales y que en apego a la ley es el responsable de su tratamiento.

Se plantea como fuente de financiamiento el crédito FOMUN, que en apoyo a municipios maneja el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) y cuyas condiciones son:

- ✓ Tasa anual de interés: 15%
- ✓ Plazo de amortización: 15 años
- ✓ Disponible para: Obras municipales con un monto hasta de 1 millón de Dlls. y para población entre 2500 y 100,000 hab.

4.6 SUSTENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Debe revisarse si el proyecto en cuestión reúne los requisitos de sustentabilidad que garanticen su continua y eficiente operación, algunos puntos son los siguientes:

- Aceptación institucional. Con frecuencia el promotor o ejecutor del proyecto es diferente de la institución responsable de la operación. En la etapa de selección de alternativas, se debe involucrar al organismo operador para que una vez concluidas las obras asuma los compromisos correspondientes. De esta forma, se evita que los sistemas de tratamiento

no sean recibidos por el organismo operador, dando como resultado que la planta no opere o que opere con deficiencias.

- Sustentabilidad económica institucional. El organismo operador tiene las facultades legales, el desarrollo institucional y la capacidad comercial para afrontar los compromisos técnicos y económicos derivados del sistema de saneamiento.
- Sustentabilidad tecnológica. El sistema seleccionado es suficientemente flexible para ajustarse a las modificaciones que pudieran presentarse en caudal, normatividad y calidad del agua del afluente y desarrollos tecnológicos.
- Sustentabilidad operativa. La operación del sistema de tratamiento no debe rebasar la capacidad del organismo. En este sentido, debe procurarse que el sistema de tratamiento sea lo más sencillo posible de operar.

4.7 REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

4.7.1 REUTILIZACIÓN CON FINES MUNICIPALES Y RECREATIVOS.

Este tipo de reutilización va dirigido principalmente a los siguientes usos:

- Riego de masas forestales de propiedad pública.
- Riego de parques y jardines públicos.
- Lavado de calles.
- Resguardo para prevención de incendios municipales y forestales.
- Creación de lagos artificiales.

Esta reutilización conlleva a una infraestructura consistente en una red de distribución doble, para agua potable y otra para el agua que va ser reutilizada. Esta doble red presenta el problema de la posibilidad de contaminar el agua potable, con lo cual se han de tener en cuenta criterios técnicos y sanitarios.

El consumo de agua residual para estos fines puede equilibrar la producción, siendo nulo el exceso de agua residual depurada y evitando problemas derivados del impacto medio ambiental. A su vez, en determinadas épocas del año en que la producción de agua residual es mayor, el exceso generado puede ser acumulado en lagos o embalses reguladores para su uso en extinción de incendio.

4.7.2 REUTILIZACIÓN PARA TRANSPORTE Y LAVADO.

Entre los usos que se puede dar al agua residual en este tipo de actividades tenemos:

- Lavado de materias primas (carbón, almidones, fibras, caucho para la industria papelera y el lavado de hoja para el reciclaje).

- Lavado de productos acabados o semiacabados (pastas en papeleras, productos de laminado, pieles en curtidurías, telas para la industria textil, etc.)
- Lavado de mantenimiento (vagones, patios, calles de polígonos industriales, fachadas, etc)

Para este tipo de actividades, el agua procede de la residual municipal de tipo doméstico y puede ser mezclada con aguas industriales. No es necesaria una calidad muy apreciable para estos fines, no obstante el agua municipal debe ser previamente depurada con, al menos, un tratamiento secundario.

4.7.3 REUTILIZACIÓN PARA REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL.

La reutilización del agua para refrigeración viene marcada por dos factores muy concretos.

- Existencia de un requerimiento excesivo de agua que obliga a una reutilización indispensable por la falta de recursos hídricos.
- Zonas fuertemente industrializadas donde elevados volúmenes de agua obligan a sustraer recursos para el suministro doméstico.

La refrigeración por agua se utiliza en numerosas industrias y procesos: producción de electricidad, siderurgia, petroquímica, industrias automotrices, cementeras, incineración de residuos, química, etc.

4.7.4 REUTILIZACIÓN PARA CALENTAMIENTO DE SISTEMAS.

El agua residual urbana, en época de frío tiene una temperatura media de 15°C, siendo superior al clima de las aguas continentales o marítimas. Este ligero incremento térmico puede aprovecharse mediante el empleo de bombas de calor cuyo funcionamiento esta basado en el cambio de estado de un gas.

En el cambio de estado, de gas a líquido, se otorga al entorno de una cierta cantidad de calor, y luego este gas pasa a estado líquido, al evaporarse, absorbe calor del exterior, completándose así en ciclo.

Realmente utilizar el agua residual depurada para el calentamiento de edificios o calles exige tener en cuenta condiciones climáticas extremas con inviernos largos y rigurosos que cubran los costos de una infraestructura para esta reutilización. La recuperación del calor es más típica de establecimientos industriales que la de edificios.

4.7.5 REUTILIZACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA.

El agua residual urbana puede ser empleada como fuente de nutrientes para el desarrollo y crecimiento de seres vivos. El caso más frecuente es el riego de especies agrícolas y forestales; sin embargo, y dentro de este reino vegetal, existen otras vías de aplicación que se encuentran en investigación y desarrollo (tales como la producción de microalgas para el aprovechamiento de la energía solar y la energía potencial del agua residual).

La producción de biomasa animal tiene hoy en día una aplicación más directa desde el punto de vista comercial, aunque su aplicación es muy escasa siendo la piscicultura la técnica más empleada.

4.7.6 REUTILIZACIÓN PARA ENFRIAMIENTO DE UN SOLO PASO.

El uso del agua tratada para fines de enfriamiento es el mayor de los usos industriales en México, el agua de enfriamiento es empleada para la condensación de vapor de agua o para enfriar agua caliente que es retornada al sistema que la aprovechó. En el caso del enfriamiento de un solo paso se utiliza una sola vez para descargarse a su fuente de captación o a otro sistema.

Debido a los grandes volúmenes de agua que se necesitan para este fin, se considera impráctico el modificar la calidad del agua de enfriamiento mediante tratamiento. Lo que debe evitarse en este tipo de sistemas, es el bloqueo del equipo con sólidos y la formación de películas bacterianas en el sistema de enfriamiento y fomentar la reducción del potencial corrosivo del agua.

4.7.7 REUTILIZACIÓN PARA GENERACIÓN DE VAPOR.

En plantas generadoras de energía eléctrica que emplean combustibles fósiles, se emplea agua de sustitución en calderas con objeto de reemplazar las pérdidas que ocurren en el ciclo de vapor, derivadas de:

- Purga de calderas.
- Utilización de vapor para limpieza de la caldera.
- Fugas en el sistema.
- Utilización del vapor para otros fines.

El agua para alimentación de todo tipo de calderas debe estar libre de material suspendido y con bajo contenido de oxígeno disuelto. Los requerimientos de calidad del agua se vuelven más estrictos en cuanto mayor sea la presión de operación de la caldera, con objeto de prevenir la formación de depósitos y fallas en sus componentes. Entre los parámetros de calidad del agua que se consideran más importantes para este tipo de uso son: sólidos disueltos y suspendidos, dureza, hierro, cobre, sílice y aceites.

4.7.8 REUTILIZACIÓN PARA INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y EL PAPEL.

La producción de papel y similares depende del abastecimiento de grandes volúmenes de agua. El fluido es empleado para el cocimiento y molienda de la madera, para el lavado de la pulpa, para el transporte de la fibra de papel a través de los procesos de blanqueado, refinación y formación de celulosa y papel terminado, y para la alimentación de calderas y torres de enfriamiento. Entre los parámetros de mayor relevancia para el empleo de agua tratada en este tipo de industria se encuentran: dureza, alcalinidad, turbiedad, color, hierro, sólidos suspendidos, manganeso, algas y bacterias.

La dureza en exceso interfiere con las operaciones de lavado, causa problemas en la formación de resinas y en los procesos de digestión, provoca precipitados de carbonato de calcio. El control del pH y gases disueltos es necesario para evitar problemas de corrosión en los equipos.

El color puede afectar la brillantez del papel y es particularmente dañino cuando se produce papel blanco o teñido de alta calidad. Los sólidos suspendidos y la turbiedad afectan directamente al brillo y color del producto, interfieren con su textura y uniformidad, y propician el crecimiento de lama que provoca problemas de operación de la maquinaria empleada.

4.7.9 REUTILIZACIÓN PARA LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO.

El agua tratada se emplea en los procesos de refinación, desalación y fraccionamiento, así como medio de transporte y almacenaje de productos. El proceso de refinación puede dividirse en 3 etapas: extracción del petróleo, petroquímica básica y petroquímica secundaria; en donde dependiendo el proceso, es la cantidad de agua que se requiere lo que provoca una variación en los volúmenes de agua que se utilizan.

El proceso de refinación, dentro de la industria del petróleo e industrias conexas es el que tiene el mayor uso del agua. Otros usos son insignificantes en comparación con la refinación. Por lo que el agua debe presentar poco contenido de sólidos suspendidos, cloruros y hierro.

4.8 ASPECTOS SOCIALES Y AMBIENTALES.

Con relación a los aspectos sociales, es necesario considerar que la alternativa no afecte intereses de grupos y asociaciones y que el proyecto sea aceptado por la comunidad. Asimismo deben incorporarse criterios de impacto ambiental para evaluar las alternativas de tratamiento. En el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales debe tenerse especial atención a las políticas de uso de suelo y zonificación, a la generación de olores, contaminación del subsuelo y aspectos de riesgo.

- Emisión de olor. Las zonas conflictivas son las unidades de pretratamiento, en las que el agua aún tiene toda su carga contaminante.

- Emisión de ruido. Los equipos emisores de ruido son los motrices, en especial las bombas no sumergibles, aireadores superficiales de alta velocidad, los sopladores centrífugos y de desplazamiento positivo.
- Riesgo a la salud pública. En los sistemas de tratamiento en que se utilizan equipos de aireación mecánica es común la generación de aerosoles y espumas que son arrastrados por el viento, y se convierten en masas de microorganismos, algunos pueden ser patógenos. El cloro-gas para la desinfección constituye una sustancia clasificada como peligrosa por su corrosividad y toxicidad, y representa un riesgo potencial ante la posibilidad de fugas de los tanques de almacenamiento.



Fig. 4.5 Planta de Tratamiento El Pico es una de las mejores dentro de su sistema de tratabilidad de agua, además se encuentra estratégicamente situada para riego por goteo en parcelas de rábano en Jalisco, México.

4.9 DINAMARCA UN PROCESO DE EJEMPLO MUNDIAL, CASO PRÁCTICO.

Hace unos 16 años que se instaló una sorprendente planta de depuración en el centro de un plan de rehabilitación de 140 viviendas sociales. Este islote ha llegado a ser el emblema de este lugar periférico de Kolding, ciudad de unos 60,000 habitantes situada en la zona central de Dinamarca.

Se inscribe en un plan de ecología urbana puesto en marcha en 1990 y cuya doctrina es priorizar las actuaciones medioambientales en las ciudades, donde se encuentran las grandes concentraciones de población y también los recursos económicos a través de una serie de actuaciones en donde el Ayuntamiento pretende que la gente tome conciencia de las lógicas ambientales, de la problemática del agua, de la electricidad, de la calefacción, de los residuos, hasta llegar a la elección de los materiales de construcción. Apoyados por la Agencia Nacional de la Construcción y la Vivienda esta operación aplica a cuatro grandes prioridades municipales referentes a la renovación urbana y al mejoramiento de la vivienda:

- Estimula el aislamiento térmico, la regulación y el ahorro de calefacción por medio de sistemas que dan prioridad a la energía solar, activa y pasiva, y la utilización de sistemas de iluminación de bajo consumo.
- Incita a reciclar los materiales de construcción (ladrillos, tejas, madera, ventanas, cristales) a separar los residuos domésticos para producir composta, a reciclar el agua de lluvia para las lavadoras y los inodoros y a tratar a las aguas residuales de manera que no constituyan un peligro para la capa freática.
- El empleo de materiales ecológicos permite la prioridad a materiales de fácil limpieza y rechaza los materiales electrostáticos.
- Las instalaciones exteriores evitan los fertilizantes y los insecticidas, los jardines individuales y los espacios colectivos se riegan con los afluentes de la depuradora. Se estimula el cultivo de legumbres, frutas, bayas, o avellanas para fortalecer la vida animal. La elección de los vegetales se realiza de manera que permita al máximo su reciclaje en composta.

A largo plazo, estas medidas tiene la finalidad de llegar a ser económicamente rentables, el aumento de los gastos por motivos ecológico se compensa con un ahorro en el uso de energía y una reducción de las cargas. A la vista del proyecto se ha debatido con el Ayuntamiento que los ahorros tengan repercusiones financieras llegando a un acuerdo para tener en cuenta la reducción del volumen de basura recogida y el volumen de agua no vertida en la red pública de saneamiento.

El proyecto suponía la reconstrucción de dos inmuebles de 16 viviendas y fue la ocasión de adoptar técnicas innovadoras con respecto a la calefacción, la energía solar y la construcción con materiales reciclados.

El agua es el punto central del proyecto, el corazón y el símbolo, siguiendo la doctrina que procura que la población se haga cargo plenamente de los ciclos de consumo, el proyecto intenta ser un recordatorio sobre el papel vital del agua y las posibilidades de su tratamiento a nivel local. La finalidad de la operación es utilizar las cualidades nutritivas del agua residual sobre el proceso biológico, a fin de evitar la evacuación del agua fuera de la manzana de casas.

El esquema de circulación es simple, el agua de lluvia recogida por las cubiertas se almacena en una cisterna que alimenta los servicios y las lavadoras de las viviendas; (si el volumen de agua recogida fuera insuficiente, el servicio municipal puede completarlo).

La totalidad de las aguas residuales de (inodoros, baños, fregaderos, etc.) son tratadas por la depuradora; una primera fase se realiza en el exterior de la pirámide, en una serie de depósitos que reduce la materia orgánica, sedimentan los lodos y elimina a las bacterias o gérmenes patógenos por rayos ultravioleta. Una segunda etapa se desarrolla en el interior de la estación, el agua atraviesa una serie de estanques que contienen algas, zooplancton, peces, y bivalvos, formando una especie de cadena alimenticia de gran rendimiento.

El agua que sale del último estanque es conducida hacia los pisos superiores de la pirámide, que están alquilados a un horticultor que cultiva cada año 15,000 plantas jardineras. Al final del proceso, el agua va a parar al carrizal exterior y después riega las zonas verdes de la manzana. De esta forma pueden crecer sauces que, una vez trenzados, forman los setos de separación de los jardines privados. Para más adelante, cuando queden definitivamente confirmadas la eficacia y la higiene del sistema, se prevé reintroducir el agua en las viviendas.

Los límites de este sistema son los propios de todo el tratamiento de aguas residuales al aire libre: para evitar malos olores y riesgos patógenos, las aguas se tratan con rayos ultravioleta antes de empezar el ciclo, el interés del procedimiento es excepcional; más allá de la innegable preocupación por el medio ambiente, este proyecto tiene un auténtico papel pedagógico, confirmado por la curiosidad que suscita. Muestra, y esto es quizá lo esencial, que una iniciativa ecológica puede ser el signo de identidad de una manzana, un barrio o una ciudad

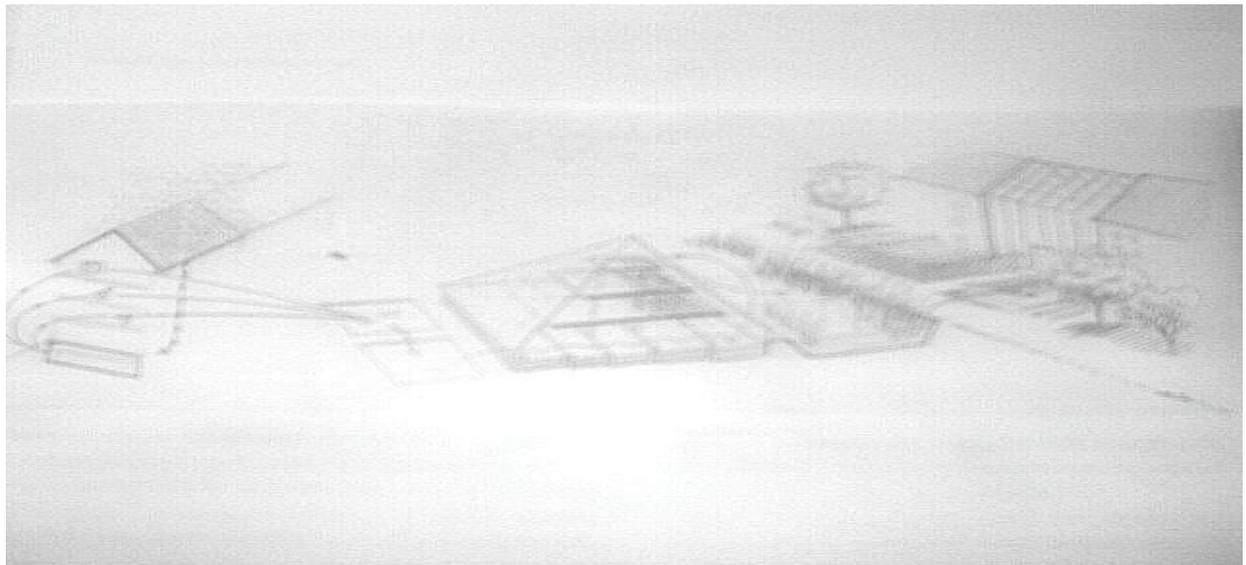
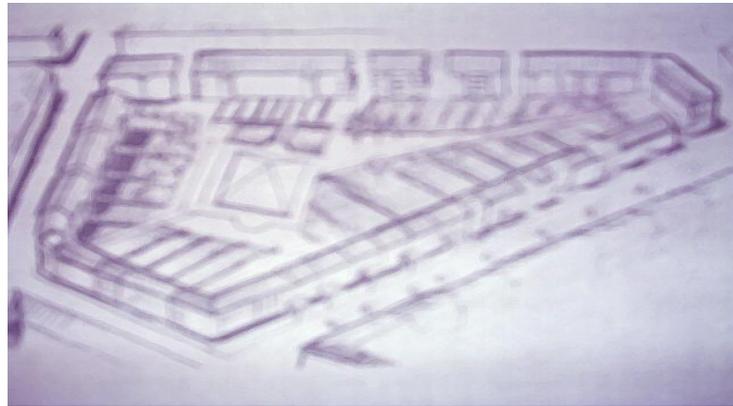


Fig. 4.6 Esquema general representativo de la planta de tratamiento dentro de la unidad habitacional en Dinamarca, en donde podemos observar como llevan a cabo el proceso de tratamiento biológico y la reutilización del agua exclusivamente para riego dentro de sus áreas verdes.

4.10 COSTO Y BENEFICIO.

Dependiendo de la complejidad de la actividad urbana y de las fuentes disponibles, en general, el agua se introduce a un sistema de agua potable que consiste de: obras de captación, un proceso de potabilización que puede ser más o menos complicado y un sistema de distribución. El agua así canalizada está lista para ser consumida en los hogares y comercios para luego ser descartada por el drenaje hacia un sistema de tratamiento de agua residual y después el agua tratada será dispuesta para reutilizar o, para ser aplicada al suelo.

El reuso de aguas tratadas proporciona beneficios a la ciudadanía, destaca Febronio Chavarría, director general de Grupo Ecomex Monterrey, el promedio de costos de operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, de tipo biológica o fisicoquímica, está en un rango aproximado de 3.70 a 7.50 pesos por m³ de agua residual tratada, con un promedio general de 5.50 pesos por m³, en dependencia del grado de sofisticación del proceso de tratamiento, así como del flujo y de las características del agua a tratar; mientras que 1 m³ de agua potable esta a \$7.50 a valor real y en algunos estados este costo aumenta más .

¿Que tanto ahorro puede significar reusar agua tratada?

- En algunos casos las tarifas de agua potable son de \$30.00/m³.tanto para uso industrial como para uso comercial.
- En costo del agua tratada es de \$3.70/m³ a \$7.50/m³.pudiéndose ahorrar hasta \$22.50 por m³
- El ahorro anual en una planta de 6 lps fúe de US\$100,000 con respecto a su funcionamiento de tratabilidad en las aguas.

¿Aguas tratadas? ¿Sí o No?

Sí se puede usar:

- En WC y mingitorios.
- En riego de áreas verdes y lavado de calles
- En torres de enfriamiento.
- En lavado de automotores y patios.
- En agua para proceso.
- Si cumple con parámetros de descarga para reuso.
- Si se garantiza la calidad constante del agua tratada.
- Si la apariencia del agua tratada es transparente y libre de malos olores.

REPORTAJE DEL PERIODICO LA JORNADA

Lunes 11 de Diciembre 2006

"Perversidad", que políticos prometan agua gratuita



José Luis Luege Tamargo

Es necesario, que la población pague el costo real del servicio.

"La población ha crecido mucho, la disponibilidad de agua por habitante ha bajado en más de 50 % en 40 años. Es como si vas al precipicio y no te estás dando cuenta."

Para que la población pague el costo real del agua, se debe establecer un gran acuerdo nacional y desvincular este tema de la política, advierte José Luis Luege Tamargo, director general de la Comisión Nacional del Agua (Conagua).

En entrevista con *La Jornada*, reconoce que el proyecto de presupuesto para el próximo año es insuficiente para el sector, y señala que para hacer frente a la escasez de recursos se deben establecer esquemas que van desde la inversión a fondo hasta la participación del sector privado, la cual, afirma, está permitida por la ley.

El ex secretario de Medio Ambiente indica que se requiere un ordenamiento ecológico del territorio y asume el reto de sanear ciento por ciento las aguas residuales.

Además, admite que los rezagos en el abasto de agua potable y alcantarillado serán difíciles de abatir por la gran inversión que se requiere, ya que hay una alta dispersión de la población, por lo que propone el uso de tecnologías eficientes y baratas.

Hay temas centrales, como el abasto de agua potable y el alcantarillado, que no se han podido resolver. Con los recursos propuestos para 2007, **¿qué avances podrá haber?**

Desde que estoy en el sector he insistido en el ordenamiento ecológico del territorio; hemos tenido un crecimiento poblacional y hay gran dispersión en los asentamientos humanos, lo

cual complica dotar los servicios. Llego con un presupuesto prácticamente armado, 14 mil 671 millones de pesos, con metas ya fijadas.

"Según los datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 10.8 millones de personas carecen de agua potable. En el sexenio pasado llegamos a 86 por ciento de cobertura de la población, 10 por ciento más que en 2000. Para el año próximo se planea dotar de agua potable a 679 mil habitantes. Si para llevar agua a una población alejada en la selva o en la sierra se debe pensar en bombeos y ductos, las cuales son inversiones que no se van a tener. Se debe pensar en inversiones puntuales para la solución de localidades muy pequeñas: captación del agua de lluvia, aguas de escurrimiento con sistemas de potabilización. Si la población se dispersa es prácticamente imposible dar una cobertura de ciento por ciento.

"En cuanto al alcantarillado, el atraso es mayor: son 14.5 millones de personas en rezago; estamos más abajo porque la prioridad es agua potable. También con la dispersión de la población; poner una estructura de saneamiento los costos se van a los cielos. Quiero insistir en tecnologías, se pueden establecer esquemas con baños secos o fosas sépticas ecológicas."

¿Qué metas existen para saneamiento?

Buscaremos tratar ciento por ciento las aguas negras. Tenemos una cobertura de 46 por ciento. En los últimos seis años se construyeron mil 400 plantas de tratamiento nuevas y hay 40 en construcción. Al final de 2007 llegaremos a 41 por ciento de cobertura de saneamiento. Será difícil llegar a ciento por ciento si no tenemos un sistema de financiamiento apalancado en una tarifa razonable.

"Ese concepto de que el agua no cuesta y no se paga lo tenemos que cambiar y entender el valor del agua. Para consumo humano se debe garantizar, pero hay agua para agricultura y para la industria que tiene costos bajos. Se requiere una gran creatividad en los esquemas de financiamiento y tarifarios, también es necesaria la participación social.

"La Conagua establece las normas y las grandes obras de infraestructura, pero si sigue el esquema de uso electorero de la tarifa, estamos mal. Se requiere una gran participación de los tres niveles de gobierno; se puede llegar a la meta si establecemos el pago del costo real del agua. Casi todos los sistemas tienen un costo de agua de 5 a 10 pesos el metro cúbico, pero las tarifas son bajas. En el Distrito Federal es de 2.50 pesos. Llegan las campañas políticas y se promete bajar las tarifas y que no se pague el agua. Es una perversidad."

Los recursos oficiales son tan limitados que no permitirían un crecimiento real en cuanto al abasto. Efectivamente. Si no hay mayores ingresos no se pueden tener mayores financiamientos, porque necesitamos recursos externos. El financiamiento a fondo perdido ayudó mucho. Se pueden utilizar estos esquemas o la participación privada, y sobre ésta hay experiencias positivas.

"Los sistemas operadores de todo el mundo tienen participación privada; hay esquemas públicos, como el de Monterrey, que operan muy bien. La tarifa será un proceso progresivo. Se deben buscar esquemas de financiación a través de la iniciativa privada, no sólo para operar sistemas, sino para tratamiento de agua que a la vez puedan ser para uso agrícola o industrial.

Se podrían concesionar ciertas áreas, no todo el sistema. Al industrial se le podrían dar mejores precios por agua tratada. Lo importante son las tecnologías correctas, las más económicas y las más durables."

El tema del incremento de las tarifas fue reiterativo el sexenio pasado. **¿Insistirá en él?**

Se deben establecer grandes acuerdos nacionales. El tema tarifario se debe desvincular de los temas políticos. Como gobierno hay obligación de dar el servicio con calidad y con seguridad. En cambio, quien utiliza esta forma de manipulación política lo que está haciendo es destruir la posibilidad de un futuro en el suministro. Se requiere gran conciencia, educación, una nueva cultura del agua a nivel nacional. Que la gente sepa de su gran importancia para sus hijos y sus nietos. Una tarifa justa que refleje el consumo y, si lo logramos, podríamos financiar muchos proyectos.

CAPÍTULO 5

IMPLANTACIÓN DE PROGRAMAS DE USO DE AGUA

5.1 LA NUEVA CULTURA DEL AGUA.

La luz y el calor del sol, el suelo, el aire y el agua conforman la base material de los seres vivos; de éstos ninguno se halla tan amenazado como el agua, fuente de subsistencia, cuya escasez o abundancia han trazado las líneas de desarrollo de las grandes civilizaciones.

Toda gran cultura de la antigüedad, surgió en la proximidad con el agua, decir cultura es decir cultivo, y el verbo cultivar es inseparable del cuidado y el aprovechamiento de ese preciado líquido, los pueblos más cultos pudieron llegar a serlo porque supieron desarrollar una adecuada utilización del agua.

Los grandes pueblos solían ser producto de grandes ríos o de lagos. Desde los que florecieron en Mesopotamia, “tierra entre ríos”, o en Egipto, que según Herodoto era un “don del Nilo”, hasta los centros ceremoniales en el Valle de Anáhuac (cerca del agua) cruzado por canales, represas y chinampas, o los pueblos Mayas con sus grandes cenotes en la península de Yucatán, donde de una u otra forma, todos ellos concibieron ideas sobre el origen y el aprovechamiento de esta sustancia prodigiosa.

La civilización actual, urbana y tecnológica, ha hecho que se olviden y abandonen las antiguas creencias, los viejos mitos y ritos en honor a las divinidades del agua y de la lluvia, hoy con la modernización material de los pueblos, se extingue un valor cultural trascendental que es la actitud de amor y de gran respeto que merece el agua.

El agua es un elemento finito que no se multiplica en el ciclo hidrológico, por lo que su cantidad siempre ha sido la misma, en continua circulación. Dependiendo de factores como la temperatura, latitud y estación o época del año, únicamente cambia de estado físico y se almacena en el subsuelo circulando a través de formaciones geológicas interconectadas, conocidas como acuíferos, la velocidad a la que el agua se mueve bajo el suelo depende del tamaño y de la calidad de espacios vacíos (porosidad) en las rocas y, sobre todo, de la conexión entre éstos.

El agua subterránea brota a la superficie de forma natural a través de ojos de agua y manantiales, y se puede extraer por medio del bombeo de pozos, los cuales son perforados a poca profundidad, pero corren el riesgo de secarse cuando el nivel freático se encuentra por debajo de estos; los acuíferos o suministros de agua pueden recargarse por medio de lluvia y cuando se derrite la nieve.

Nuestros modos de vida y costumbres conducen al derroche y desperdicio del vital líquido. Esto no ofrece un futuro promisorio, ya que es necesario crear una nueva cultura del agua, sabiendo que los recursos hídricos disminuyen en su calidad y cantidad cuando no los sabemos

aprovechar debemos de entender que la manera de contar a futuro con el servicio de agua potable en nuestra sociedad, será posible siempre y cuando fomentemos una nueva Cultura del Agua entre la niñez y la población adulta; recordando que los niños de hoy, serán adultos años más adelante. De todos depende que mañana podamos seguir disfrutando de este preciado líquido aprendiendo a distinguir entre consumo y uso, el consumo es lo que necesitamos y el uso es lo que debemos cuidar.

El país ha sufrido profundas transformaciones, tanto desde el punto de vista hidrológico, como por el crecimiento de las zonas urbanas principalmente en el siglo pasado y en el actual; lo cual ocasiona problemas de abasto de agua a muchas de las poblaciones, lo que podría llevarnos a un colapso en breve tiempo de no modificar nuestra cultura en el uso y consumo del agua.

El agua, como recurso natural, puede y debe ser utilizada, reutilizada y reciclada; llevando a cabo una planeación basada en la eficiencia, para aumentar las posibilidades de su transformación, siendo tarea de todos los seres humanos el cuidar de este elemento haciendo su uso eficiente, y cuidando que no se desperdicie.

5.1.1 EL AGUA EN MEXICO UNA CRISIS QUE NO DEBE SER IGNORADA

El agua es el recurso natural más importante para la vida humana, ya que sin ella es imposible subsistir, producir alimentos, desarrollar la industria, y su escasez conlleva el sufrimiento y desolación, así como su exceso no controlado genera destrucción.



Fig. 5.A Laguna de agua dulce para ganado, fue perdida por la sobreexplotación de un pozo en Querétaro ahora es agua salina y no tiene ningún uso.

El agua dulce es un producto escaso, apenas el 2.5 % del volumen total en el planeta de las cuales 2/3 partes se encuentran acumuladas en glaciares y capas de hielo permanentes, y la tercera parte restante se encuentra dividida de la siguiente forma:

- 1/5 parte se encuentran localizadas en áreas muy remotas como ríos subterráneos.
- 3/5 se precipitan en forma de tormentas severas difícilmente aprovechables las cuales dan lugar a las inundaciones.
- Solo la quinta parte de la cantidad restante es para consumo humano.

Por lo tanto:

- 1/5 parte de la población mundial no tiene acceso al agua potable.
- 3/5 partes de la población mundial carece de infraestructura de saneamiento.

Cada año de 3 a 4 millones de seres humanos mueren a causa de enfermedades hidrotansmitidas. La escasez del producto en la fabricación de alimentos provoca que el 15 % de la población mundial este desnutrida la mitad de los humedales del planeta han sido destruidos ocasionando una pérdida significativa de biodiversidad nuestros ríos y cuencas están muriendo, el 10% de la extracción de agua del mundo proviene de la explotación de los mantos acuíferos, las tecnologías de conservación no han sido tomadas en cuenta ni difundidas ya que no existen suficientes incentivos para la innovación, la mayor parte del suministro de agua adquiere grandes subsidios por parte del gobierno federal y su aplicación indiscriminada ha provocado grandes desperdicios.

CUARTO FORO MUNDIAL DEL AGUA CIUDAD DE MÉXICO 16 – 22 MARZO 2006

Todo ser humano debe tener acceso seguro al agua para satisfacer sus necesidades de consumo, saneamiento, producción de alimentos y energía a un costo razonable, en donde el abastecimiento de agua para la satisfacción de estas necesidades básicas deben de realizarse en armonía con la naturaleza.

Los expertos reunidos en los tres foros pasados del agua definieron tres objetivos primarios para el mejor manejo de los recursos hídricos:

- I. Promover la participación de los usuarios del agua en los procesos de toma de decisiones.
- II. Promover el uso eficiente del agua para incrementar su productividad.
- III. Administrar el agua para conservar su cantidad y calidad propiciando su sustentabilidad en los ecosistemas.

Para lograr estos objetivos se toman 5 acciones estratégicas

1. Involucrar a todos los actores del sector agua en el manejo integrado del recurso.
2. Transitar gradualmente hacia el pago completo de los costos de los servicios del agua.
3. Incrementar el gasto público dedicado a la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.
4. Reconocer la necesidad de la cooperación en el manejo integrado de los recursos hídricos en cuencas internacionales.
5. Incrementar muy significativamente las inversiones en materia de agua.

TABLA 5.1 CUADRO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA A NIVEL PER CÁPITA ANUAL

EUROPA	8,576 m ³
NORTEAMÉRICA	15,369 m ³
LATINOAMÉRICA	38,562 m ³
ÁFRICA	5,488 m ³
MÉXICO	4,986 m³

Colocando a nuestro país como zona de baja disponibilidad en algunas cuencas como por ejemplo las del Valle de México, observamos que la disponibilidad es cinco veces inferior a la de la disponibilidad mundial.

Anualmente la precipitación pluvial es aproximadamente de una lámina cuyo espesor es de 772 milímetros sobre el territorio nacional, pero 2/3 partes de ella ocurre de manera torrencial de Junio a Septiembre de cada año, dificultando su aprovechamiento ya que el 28% del escurrimiento se presenta en donde habita el 77% de la población y se genera el 84% del producto interno bruto; esto ha provocado una fuerte competencia por el recurso, su contaminación y la sobre explotación de los mantos acuíferos son excesivos.

Las regiones peninsulares de Baja California, cuencas centrales al norte y Valle de México, ya no son satisfactorias para la disponibilidad del recurso; las regiones del Noroeste y el Río Bravo, tienen un frágil equilibrio entre la oferta y la demanda de los cerca de 600 acuíferos, 96 que suministran aproximadamente el 50% del agua subterránea están sometidos a la sobre-explotación. Esto ha provocado problemas de introducción de sales en 17 acuíferos en los Estados de Baja California Norte y Sur, Colima, Sonora y Veracruz.

Las sub-regiones hidrológicas que presentan actualmente mucho mayor contaminación son la del Lerma, Alto Balsas y Alto Pánuco; otras masas de agua en diferentes cuencas presentan un grado alarmante de contaminación lo que reduce la reutilización inmediata del recurso, el 99% de usuarios de las aguas nacionales han sido regularizados, sin embargo de un nivel de 163,500 descargas de aguas residuales apenas el 2% se han regularizado.

- El 78% del volumen total esta destinado a la agricultura.
- El 12% esta destinado al uso público.
- El 8% esta destinado a la industria.
- El 2% esta destinado al sector pecuario.

Las cifras de servicios hidráulicos en cobertura nacional aproximadamente es de:

- Servicios de agua potable en un 88%
- Servicios de la red de alcantarillado en un 76.2%.

Por lo que 12 millones de habitantes carecen de agua potable y alrededor de 23 millones carecen de drenaje y alcantarillado.

En el medio rural se estima que las coberturas son de:

- 58% cuenta con agua potable.
- 36.7% cuenta con alcantarillado.



Fig. 5.8 Colocación de la red de distribución de agua potable en Melchor Ocampo Estado de México.

Las pérdidas de agua potable por medio de fugas oscilan entre el 30% y 50%, esto implica que anualmente se consuman aproximadamente 8.7 Km³ para uso público; el desperdicio es de entre 2.6 y 4.3 km³, de los cuáles solo el 2.3% de las aguas residuales municipales reciben tratamiento. En la mayor parte del territorio se utilizan sistemas de riego con una eficiencia del 48% esto implica que de los 60m³ de agua que se consumen anualmente para el consumo agrícola, se desperdicia el 30.3% cantidad suficiente para regar casi 3.2 millones de hectáreas.



Fig. 5. C Tratamiento de aguas industriales (jabonera la Internacional) zona industrial Cuernavaca, Morelos

Las descargas de aguas residuales e industriales generan 6 millones de toneladas de DBO, que al año representan el 80% de la carga de contaminantes de las aguas residuales municipales de todo el país, por lo que sólo el 15% recibe tratamiento previo a su descarga. Se ha propuesto un escenario deseable, donde el 97% de la población tuviera acceso al agua potable, alcantarillado y saneamiento; las fugas se reducirían haciéndolas mínimas y controladas con un 24%, la eficiencia total promedio en las áreas de riego se incrementarían en un 63% implementando sistemas de riego por goteo y el 90% de las aguas residuales municipales y la totalidad de las aguas residuales industriales tendrán un proceso de tratamiento previo a su vertido e implementar su reutilización:

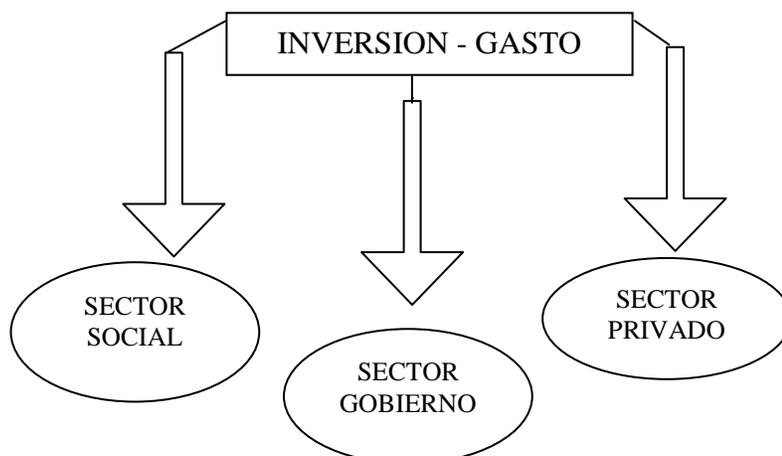
- Procurando las descargas artificiales de acuíferos.
- Evitando la salinización en pozos y lagunas.
- Captación de agua atmosférica.
- Restaurando cuencas.
- Rehabilitando la infraestructura hidroagícola.
- Tecnificando el riego parcelario.
- Controlando las fugas urbanas.
- Reutilizando las aguas tratadas.
- Optimizando la operación conjunta de presas.
- Midiendo adecuadamente la entrega volumétrica.
- Haciendo uso eficiente del agua.
- Realizando estudios del precio de agua.

Para estimar el marco deseable para el año 2025, se requiera una inversión del orden de:

220 mil millones de pesos	2001 - 2006
490 mil millones de pesos	2007 - 2025

Costos de operación y mantenimiento:

170 mil millones de pesos	2001 - 2006
600 mil millones de pesos	2007 - 2025



Resulta obvio que para alcanzar estos niveles de inversión y gasto será necesario obtener recursos financieros que no provengan solamente del sector gubernamental sino también de los sectores privado y social.

El agua no sólo es un producto natural también es un insumo y como tal debe tener un valor económico, es indispensable incorporar a los usuarios en el proceso de toma de decisiones de información hídrica, la cual debe de ser pública y su difusión será sistematizada y transparente, de no hacerlo así existirá un clima de desconfianza hacia las autoridades encargadas de la gestión del recurso; la necesaria descentralización del agua debe hacerse en forma prudente y apropiada para que tenga éxito siendo necesario implementar la capacidad institucional del sector en todo el país y teniendo significativos esfuerzos de capacitación, asistencia técnica, asesoría y transferencia de tecnología.

La problemática del agua en nuestro país es importante y urgente atenderla no solamente con planes de gobierno, sino con el establecimiento de una verdadera política de estado en materia que trascienda gobiernos y acciones partidistas, es indispensable que el estado mexicano y la sociedad en su totalidad unan esfuerzos para enfrentar la crisis hídrica en la que esta inmersa nuestra nación, de no hacerlo en un corto plazo la escasez del recurso en cantidad y calidad apropiadas seguirá siendo un freno de magnitud creciente para el desarrollo del país.

5.1.2 CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS URBANOS.

De la misma forma que la Ciudad de México, muchas otras poblaciones del país crecen anárquicamente invadiendo o modificando zonas de recarga de aguas subterráneas, los planes de ordenamiento urbano y ecológico en muy pocas ocasiones incorporan la estratigrafía y las características de los sistemas acuíferos subyacentes en esas zonas de recarga.

Se encuentran terrenos agrícolas o pequeñas industrias que manejan residuos líquidos y sólidos los cuales generan lixiviados y migran hacia los sistemas acuíferos, el uso de suelo en las zonas urbanas difícilmente considera el subsuelo y mucho menos el agua subterránea que puede contaminarse por fuentes superficiales.

Esta situación es un peligro latente porque parte del abastecimiento de agua proviene de los acuíferos que subyacen a las ciudades y es también un problema de dimensiones desconocidas, ya que tampoco suelen realizarse revisiones periódicas de la calidad del agua abastecida a la población.

El FARO de la ciencia (es una publicación de la Coordinación de Investigación Científica de la UNAM) entrevistó al investigador Hidrogeólogo Ramiro Rodríguez Castillo del departamento de Recursos Naturales del Instituto de Geofísica de la UNAM para el conocimiento de los mantos acuíferos de la Ciudad de México, y entre las más destacadas preguntas se encuentran las siguientes:

¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación de las aguas subterráneas urbanas?

La ciudad y las zonas aledañas pueden contaminar los mantos acuíferos de varias maneras, la agricultura, por ejemplo, es una fuente potencial de contaminación por el uso continuo de agroquímicos; y en sus zonas industriales parte de sus desechos se depositan en basureros sin ninguna protección ni control, lo que facilita el esparcimiento de residuos peligrosos, también ciertos servicios urbanos pueden convertirse en fuentes de contaminación.

Por ejemplo el drenaje de las aguas residuales puede tener fugas debido a la calidad de los materiales, el escaso mantenimiento, la subsidencia (hundimiento paulatino del suelo), los temblores, las fallas geológicas, etc., ya que las aguas urbanas son generalmente conducidas en canales no protegidos hacia los cuerpos receptores. Además, no todas las ciudades cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales o rellenos sanitarios, de igual forma, los cementerios también se consideran como fuentes contaminantes, ya que los cuerpos en descomposición producen sustancias y elementos bacteriológicos patógenos.

Las gasolineras también presentan otro problema ambiental en los núcleos urbanos, pues las fugas de hidrocarburos pueden afectar los sistemas de drenaje y alteran la calidad del agua subterránea por periodos prolongados, como sucedió en Guadalajara hace unos cuantos años, donde explotó el sistema de alcantarillado por la alta concentración de hidrocarburos.

¿Cómo se pueden evaluar las fuentes de contaminación?

La identificación de las fuentes de contaminación, tanto las potenciales como las activas, requieren censos y análisis precisos sobre la generación de desperdicios, así como del compromiso de las autoridades ambientales y los sectores productivos para evaluar las fuentes y los receptores. Además, los catastros de fuentes deben incluir referencias geológicas y geográficas, así como el tipo de actividad que se desarrolla en la zona, los compuestos asociados, la carga y la toxicidad de sustancias identificadas, las características de los suelos del sitio de confinamiento y el depósito de los materiales; y en casos la de los basureros cerrados y clausurados es relevante investigar el tipo de residuos que recibieron.

¿Cómo se puede mejorar la planeación urbana?

La creación de mapas es fundamental para la planeación urbana adecuada, los mapas de riesgo y vulnerabilidad de acuíferos requieren la incorporación de las fuentes potenciales de contaminación los mapas deben de ser válidos con la información química de los pozos del área. Los programas de crecimiento urbano para la ubicación y desarrollo de corredores industriales, rellenos sanitarios o empresas que manejen material peligroso, también deben considerar las zonas de vulnerabilidad acuífera.

Estos mapas, junto con la información sobre el suelo y el subsuelo de la cuenca de México que contiene el Servicio Geológico Metropolitano del Instituto de Geología de la UNAM, son herramientas valiosas para las autoridades locales en el correcto planteamiento del desarrollo urbano.

¿De qué forma se puede mejorar la calidad de los mantos acuíferos urbanos?

Los métodos de evaluación de la vulnerabilidad acuífera en los medios urbanos son fundamentales; las redes de pozos de observación con monitoreos periódicos ayudan a identificar las fuentes de manera correcta y responsable. Así, el descubrimiento temprano de contaminantes cercanos a reservas de agua potable puede evitar exposiciones a la población de sustancias que afecten su salud; también es recomendable aplicar varios métodos de vulnerabilidad de mantos acuíferos, la combinación de métodos basados en parámetros heterogéneos permite un mejor análisis de la vulnerabilidad. La incorporación de zonas urbanas a las evaluaciones de la vulnerabilidad representa un reto, ya que la mayoría de los estudios fueron diseñados para terrenos no cubiertos. Por eso se deben considerar desde la evaluación de la recarga hasta la filtración por los suelos, ya que las fuentes localizadas en zonas urbanas pueden generar distintos volúmenes con diferentes tipos de contaminantes.

En general, estamos contaminado cada día más los mantos acuíferos los cuales nos dotan de agua del subsuelo; tratemos de frenar el gasto desmedido de este vital líquido adquiriendo una nueva cultura de cuidado. El investigador Hidrogeólogo Ramiro Rodríguez Castillo del Departamento de Recursos Naturales del Instituto de Geofísica de la UNAM, nos recomienda un ordenamiento de parte de los ciudadanos con respecto a la planeación urbana, para dejar que las depuraciones naturales continúen los procesos necesarios y no ocupemos áreas de recarga hidráulica, y las autoridades puedan crear un programa que lleve aun buen control en lo que a desperdicios industriales y domésticos, para no alterar las características de las aguas y así tener una mejor eficiencia en los servicios.

5.1.3 AGUA Y SEGURIDAD NACIONAL

En nuestro planeta hay 1,400 millones de kilómetros cúbicos de agua aproximadamente, de esta gran cantidad sólo el 2.5% es dulce (superficial, subterránea y congelada). Del agua total empleada a escala mundial, que se duplica cada 20 años, 85% es acaparado por el 12% de la población con una distribución del 10% para uso humano, 25% industrial y 65% agrícola.

Estos datos confirman que el acceso al agua será un asunto político y de gran importancia, pero lo que ha caracterizado a las últimas décadas es que los procesos bioquímicos del planeta ya ponen en un serio dilema a la sociedad y a su depredador estilo de vida, factor que ha dado un nuevo giro a la dimensión económica y sociopolítica de los recursos acuíferos. El problema no sólo radica en que las reservas de agua sean cada vez menores, sino en que su localización y calidad están cambiando; además, se registran grandes índices de contaminación de los mantos acuíferos y, como resultado del calentamiento global, entre otros factores, se está dando una reubicación espacial de las precipitaciones y con ello las reservas hidráulicas, ya que las construcciones y la urbanización en todo el país impiden el acaparamiento de agua naturalmente, reduciendo los niveles freáticos de los mantos acuíferos.

En consecuencia, las zonas de reserva, particularmente las de buena calidad, se perfilan como geoestratégicas; no sorprende pues, que se hable de una guerra por el agua porque, en efecto, este recurso indispensable para la vida tiene un gran potencial para provocar serios conflictos.

¿HACIA LA DESNACIONALIZACION?

Un escenario en el que el grueso de beneficiados corresponde al sector privado y, aun más, extranjero, debe verse como una apropiación y desnacionalización de un recurso estratégico para el país. Las modificaciones a la Ley de Aguas Nacionales del 2004 lo corroboran, pues siguiendo las pautas del organismo como el Banco Mundial (BM) o la Organización Mundial del Comercio (OMC), esta ley asume al agua como una mercancía que debe ser gestionada, en gran medida y sin especificar límite alguno, por la iniciativa privada. No es casual que las tensiones y conflictos de intereses sean crecientes y, por tanto, que el tejido social de resistencia sea igualmente mayor y complejo.

Lo delicado de la geopolítica hídrica entre México y Estados Unidos queda nítidamente expreso por la Agencia Stranford (Estados Unidos) cuando llega a suscribir que “la debacle fronteriza por el agua puede llevar a descarrilar las relaciones comerciales y diplomáticas lo cual dañarían el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y provocar confrontaciones entre los gobiernos locales y los residentes de las zonas fronterizas.”

La alternativa parece ubicarse, por un lado, en una noción del recurso que se sustente en la seguridad nacional mexicana, entendida como parte de una dimensión básica de la soberanía nacional y, consecuentemente, como una nación incluida en el contexto constitucional que debe ser regularizada por el Legislativo; y por otro lado se debe estimular la discusión de los actores involucrados en la gestión del agua dado que ésta no puede ser social y ecológicamente bien gestionada si no se hace colectivamente, todo se debe hacer en sincronía y explorar mecanismos y tecnologías alternativas para el país.

Aquí el papel para la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM y de la Secretaría de Educación Pública SEP es por demás relevante, una nueva cultura del agua debe consolidar una conciencia eco-social sobre un recurso vital, estratégico y de disponibilidad finita, pues bajo esquemas como los indicados, no parece claro que el acceso al líquido, al menos de buena calidad, vaya a ser efectivamente universal.

5.1.4 RETOS PARA LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)

Pese a los constantes conflictos por el agua, en México ya llegó a un nivel crítico en cuanto a su uso y distribución correcta, pero en un futuro inmediato los problemas serán impostergables particularmente los de carácter social.

La disposición de agua se convertirá en un asunto de seguridad nacional, independientemente la participación de la UNAM en el IV foro mundial del agua y de los acuerdos a los que se llegaron serán importantes para que los institutos de la Universidad continúen sus estudios sobre el agua y que logren coordinarlos.

Así, para cuando la sociedad solicite una solución, suministro, distribución o explotación del agua, la UNAM y el gobierno tendrán una respuesta sólida confiable e interdisciplinaria

LOS PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

A pesar de que en el pasado fue una fértil tierra de lagos, a lo largo de los últimos 500 años éstos se han ido drenando y sus bosques han sido talados, actualmente, con más de 20 millones de habitantes y concentrando gran parte de la actividad industrial, comercial y política del país, la ciudad capital se enfrenta a un continuo incremento de la demanda de agua, y se ha llegado a ser dependiente de fuentes externas para su abastecimiento.

LA SOBREEXPLORACIÓN DE LOS ACUÍFEROS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

El continuo crecimiento de la población y de la mancha urbana ha provocado que en la zona metropolitana se esté extrayendo agua subterránea a una velocidad mucho más rápida de la que tarda en recuperarse de manera natural. La sobre-explotación del acuífero que abastece a la Ciudad de México se estima en 15 m³ por segundo, es decir, 40% de la recarga natural más aparte la extracción de pozos clandestinos la cual no esta cuantificada.

Este uso intensivo de agua subterránea acarrea consecuencias inmediatas como los hundimientos diferenciales de los terrenos que provocan problemas frecuentes en las redes de agua potable y drenaje, lo que genera la necesidad de realizar reparaciones de alto costo. A éstas se suman las inversiones necesarias para corregir tanto fallas estructurales de los edificios como las renivelaciones periódicas de las vías del metro, además corre riesgo de que la ciudad se inunde debido a que la capacidad del Sistema de Drenaje Profundo ha disminuido por falta de mantenimiento.



Fig. 5.D Extracción de agua potable por medio de un pozo en Milpa Alta D.F.

LA CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

En un estudio realizado por la doctora Marisa Mazari Investigadora del Instituto de Ecología en colaboración con las Facultades de Medicina y Química de la UNAM, así como el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y de Nutrición “Salvador Zubirán”, se identificaron 84 microorganismos de nueve géneros que se pueden asociar con contaminación fecal humana en el agua de la Ciudad de México.

Además, algunos estudios han demostrado la introducción de contaminantes al acuífero provenientes de rellenos sanitarios o depósitos clandestinos de basura, a esto se suma la falta de un sistema de drenaje adecuado ya que el agua de lluvia se mezcla con los residuos y se utilizan para la irrigación. Mazari sostiene que el agua de la Ciudad de México, que en la normatividad se describe como agua para uso y consumo humano, no es potable.

La mala calidad del agua no sólo es un riesgo para la salud, sino que también genera una degradación en los cuerpos de agua. La investigadora explicó que la capacidad de degradación de los desechos que presenta el río Lerma ha disminuido considerablemente en los últimos 20 años y hace énfasis en que “Estamos vertiendo tal cantidad de desechos líquidos y sólidos a los cuerpos de agua que estos ya no pueden degradarlos de manera natural”.



Fig. 5.E Habitantes de Toluca lavando ropa en los cauces del río Lerma, al cual agregan grandes cantidades de jabón que directamente descargan en el D.F.

El agua usada en la Ciudad de México va a parar al río Tula, de ahí al río Moctezuma y llega hasta el Golfo de México. Esta se utiliza para regar cultivos a lo largo de todo su trayecto, ante esto, Mazari propone que lo ideal será verter agua tratada o semitratada a los cuerpos mayores, “la forma en que se utiliza el agua en esta ciudad es muy ineficiente ya que la usamos una sola vez la vertimos como agua residual y así sale de la cuenca del Valle de México la cual solo se trata entre el 10% y el 15% del total utilizado”.

A estos problemas se suma la normatividad obsoleta, la implementación de programas inadecuados y la falla de planeación integral, que es quizá la falla más severa; hay que añadir la existencia de grandes fugas, un consumo muy elevado, baja eficiencia en la administración y extracción de aguas subterráneas, bajo porcentaje de tratamiento de aguas residuales y contaminación de las corrientes de agua superficiales.

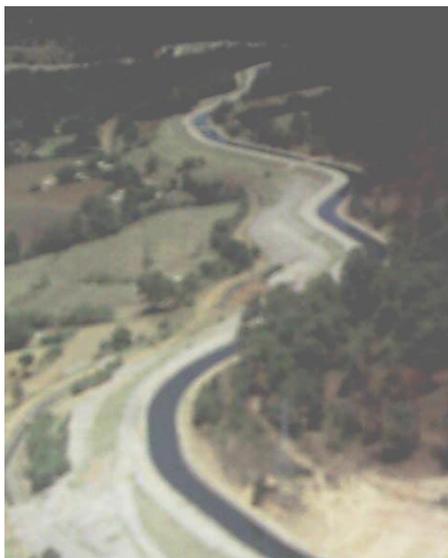


Fig. 5.F Desvió de aguas negras del Río Tula hacia las zonas de cultivo de papa, rábano en Tecozautla, Higoalco.

PROPUESTAS DE LA UNAM PARA UN MEJOR MANEJO DEL AGUA.

Es muy importante fomentar programas de investigación interdisciplinarios en materia de disponibilidad de agua e impacto ambiental que permita a los organismos operadores tomar las decisiones pertinentes; una prioridad es sanear las corrientes superficiales, evitando que se usen como conductos de agua residual. La doctora Mazari considera urgente que se propicie un intercambio del agua del subsuelo por agua tratada para riego y para uso industrial, a fin de sustituir agua de primer uso (que proviene de los pozos) por agua tratada. La tecnología para transformar agua residual en agua para otros usos ya existe como lo son: tratamientos avanzados osmosis inversa y rayos ultravioleta; pero es necesario efectuar estudios que avalen la calidad microbiológica y toxicológica del agua reciclada, para la cual es importante un adecuado tratamiento para que los cultivos con que se riegan no sean vehículos potenciales de enfermedades.

Los investigadores coinciden en la importancia de enseñar a la población a utilizar en forma racional el agua, destacan la urgencia de rediseñar la política tributaria y de las tarifas relacionadas con el uso del agua y de la infraestructura de distribución, con base en criterios de proporcionalidad en las cargas impositivas; ya que es indispensable que se pague el agua y se exija al gobierno invertir estos recursos financieros en el sector hidráulico y ambiental.

Es necesario modernizar la infraestructura de extracción del agua subterránea, aumentar el número de plantas de tratamiento de agua residual y de lluvia, disminuir la dependencia de cuencas externas mediante un uso más eficiente del agua local. Los problemas de agua asociados con la Ciudad de México no son sencillos y requieren ser atacados desde muchos ángulos, por lo que es necesario enmarcarlos en un plan integral a largo plazo, donde se comprometa la academia, el gobierno y la industria para contemplar como prioridad el implementar programas educativos comprometidos con el mejor uso y la conservación de los recursos naturales.

5.2 LA EXPERIENCIA CON EL AGUA EN EL MUNDO.

Una de las mayores paradojas de la vida en nuestro planeta es la aparente abundancia de agua, misma que contrasta con sus limitadas capacidades de reuso, particularmente para ser bebida, ya que el agua de los océanos no es potable por su alto contenido en sales.

De toda el agua del planeta, aproximadamente 97.25% corresponde a los océanos y el resto es agua dulce; de este el 2.75% no es utilizable para consumo humano ya que dos tercios se encuentran en los casquetes polares y glaciares; el agua subterránea representa 0.68% del total, la de los lagos 0.01%, mientras que en arroyos y ríos se encuentra el 0.0001%. Esto significa que menos del 1% del agua dulce esta disponible para uso humano, tanto para consumo directo, como para el aprovechamiento en agricultura, uso urbano, industrial y otros servicios.

Es notable la forma en la que el agua se ha convertido en una preocupación global, a partir de las posguerras el aseguramiento de los recursos y su búsqueda se tornó una obsesión para el mundo occidental donde el agua no se escapó a este interés y frente a la posibilidad de una confrontación de proporciones mundiales se le consideraría incluso, como un elemento estratégico.

Es también a partir de la segunda mitad del siglo XX, junto a la formación de agrupaciones ambientalista y ecologistas, cuando comienza a señalarse que el impacto de las actividades de los grandes centros industriales y poblacionales, pone en entredicho la calidad y cantidad de las reservas acuíferas de los países que los alojan.

Actualmente, el agua es una preocupación mundial y prácticamente se ha dicho todo respecto a la necesidad de modificar la forma en que habitualmente la concebimos. En todos los continentes se hacen esfuerzos encaminados a lograr este objetivo, a fin de asegurar la viabilidad de una nueva vida plena para las generaciones futuras.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de la Union National of Education Sientific and Cultural Organization (UNESCO), ha puesto en marcha programas de alcance mundial orientados a la conservación y el uso eficiente del agua; su Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe, es un esfuerzo en el que nuestro país colabora y que involucra activamente a varios países para abordar el problema desde un punto de vista objetivo y sostenible.

Este mismo criterio es el que anima los intentos de organizaciones como la Unión Europea y en Medio Oriente, como Israel, que es el líder en la conservación y eficiencia al hacer uso del agua, ya que la baja disponibilidad del recurso ha dado origen a la relación entre el ingenio y la participación de la sociedad, para que ese país aproveche al máximo hasta la última gota del vital líquido. El tema del agua es uno de los más delicados en el conflicto palestino – israelí, pues es considerado como un factor de prioridad estratégica.

Al parecer esta visión es la que ha llevado a Libia a invertir 25,000 millones de dólares en la construcción del acueducto más grande del mundo, destinado a terminar con la sequía que padece desde hace muchos años. El presidente libio y la prensa internacional llama a ese proyecto como “la octava maravilla del mundo”, terminando deberá estar llevando 5,000 m³ de agua por día hacia la costa mediterránea; el proyecto adquiere mayor importancia para la población la cual es de 4 millones de habitantes. Retomando los problemas nacionales, en 1991 la Ciudad de México fue sede del Seminario Internacional Sobre el Uso Eficiente del Agua, el cual fue patrocinado por la (UNESCO), la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y otros organismos internacionales.

Al término de este encuentro se formó la Declaración de México, titulada “Compartamos el Agua en beneficio para todos”, documento que sintetiza las recomendaciones sobre el uso eficiente del agua, su conservación, reutilización y la concientización de la población sobre su utilización, la participación internacional tuvo a más de 1,000 especialistas provenientes de 40 países que asistieron al seminario. Para cumplir los propósitos, en términos generales, la conferencia recomendó la adopción de cuatro medidas a nivel local, nacional e internacional, a partir de cuatro principios rectores:

1. Considerar al agua como un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente.
2. Mejorar el aprovechamiento y la gestión del vital líquido, a través de la participación de usuarios planificadores y responsables de las decisiones en todos los niveles.
3. Impulsar la participación de la mujer en la gestión y protección del agua.
4. Reconocer al agua como un bien económico, con valor no sólo para la explotación, captación y distribución del recurso, sino también para sus descargas residuales.

La iniciativa privada se interesa cada vez más en el recurso porque en la gestión, distribución y tratamiento del líquido han encontrado un excelente mercado, en donde a partir de estos cuatro principios rectores, los participantes al foro permitieron establecer las bases hacia el futuro del agua, afrontando sus problemas a los diversos frentes y logrando ver perspectivas en beneficio de las comunidades.

En nuestro país, gobiernos estatales, ayuntamientos y organizaciones civiles, han desarrollado campañas para hacer conciencia entre la población sobre la necesidad de cuidar el agua; destacan en estos momentos las instrumentadas por el Distrito Federal, Guanajuato, Monterrey y Aguascalientes. Así mismo resaltan los trabajos que en este rubro realizan la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Las experiencias en otras naciones y estados de nuestro país han tenido un éxito notable, sin embargo es necesario precisar nuestra problemática particular que bien podría diferir en proporciones semejantes a las que se presentan en algún país europeo o de medio oriente, para estar en posibilidades de adoptar una nueva actitud frente al uso del agua.

5.3 LA SATISFACCION DEL AGUA EN PERSPECTIVA Y LA DEMANDA DE LOS PROXIMOS AÑOS.

Con base en los datos del Consejo Nacional de Población, en el año 2020 seremos 120,000,000 de habitantes a nivel nacional, y la población continuará creciendo y en consecuencia demandará mayor número de satisfactores para crecer como una sociedad plena, siendo el agua el elemento vital que permitirá mejor calidad en el que hacer diario. En la actualidad se suministran 32.26 m³/seg., por cada millón de personas, sólo en el Distrito Federal hay 14,500,000 habitantes; proporcionando una dotación promedio de 271 l/hab./día; para el año 2020 se estima el crecimiento a 20,000,000 de habitantes de mantenerse la misma dotación y tendencia de consumo se requerirá de 64.52 m³/seg., es decir 32.26 m³/seg. adicionales a la oferta actual requerimiento que no es posible satisfacer con las fuentes actuales, ni con las programadas en corto plazo, lo anterior indica que en los próximos 13 años necesitaremos volúmenes más altos para satisfacer nuestras necesidades en el Distrito Federal.



Fig. 5.G Sistema Cutzamala planta de bombeo No 3

Cualquier otra fuente de abastecimiento de agua potable estudiada hasta el presente, plantea una complejidad técnica y financiera tal que la volvería prohibitiva, recordemos que la población seguirá creciendo y demandará más servicios, el agua es uno de ellos, probablemente el fundamental, por que el agua significa vida; para este debemos plantear que juntos gobierno y ciudadanía realicen programas de uso eficiente del agua, basado en una “**Nueva Cultura**” del recurso, ya que de plantearnos dotaciones de confort de 200 l/hab./día y hasta los 500 l/hab/día. los requerimientos de agua potable para el año 2020 seguirán siendo alarmantes el caudal no puede ser suministrado con las fuentes actuales y nos costara más cara el agua ya que tendremos que buscar nuevas fuentes de abastecimiento e inclusive traerla de otros estados de la República y falta saber la calidad con la que podremos obtener el agua.

5.3.1 ¿UNA CIUDAD CON MUCHA SED?

En nuestro país existe una distribución heterogénea de los recursos hídricos, en parte debida a sus particularidades geográficas y condiciones climatológicas, que van desde sus zonas áridas y semiáridas, hasta climas sub-húmedos y húmedos templados y tropicales.

El potencial de agua naturalmente disponible en México, según la Comisión Nacional del Agua (CNA), es de 476 kilómetros cúbicos lo que ubica al país como una de baja disponibilidad natural de agua, como es estimado por la investigadora Julia Carabias en su libro *“Agua, medio ambiente y sociedad”* 2005.

Según datos de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F., la Ciudad de México obtiene el agua de tres fuentes principales: 71% se extrae de los mantos acuíferos, 26.5% de las cuencas de los ríos Lerma y Cutzamala, y el resto de las fuentes superficiales que aun quedan en la cuenca de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

La capital requiere diariamente un promedio de 35 a 37 mil litros por segundo, siendo el consumo promedio de 20 litros diarios por habitante de clase baja y hasta de 600 litros diarios por habitante de clase alta; esto representa que en las delegaciones de Iztapalapa o Álvaro Obregón haya escasez del líquido mientras que en las delegaciones Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Coyoacán se haga mal uso del recurso.

En cuanto al origen, el sistema del río Cutzamala proporciona poco más de 9 m³ por segundo de agua superficial; el sistema Lerma un poco más de 4 m³ de agua subterránea; el resto proviene de manantiales y pozos, los cuales oscilan entre los 100 y los 300 metros de profundidad; en casos extremos alcanzan ya una profundidad de 400 metros.

El agua se distribuye dentro del Distrito Federal por medio de 514 kilómetros de acueductos y líneas de conducción hacia 297 tanques de almacenamiento, para posteriormente hacerla llegar a las tomas de los usuarios a través de 910 kilómetros de redes primarias y 11,900 de redes secundarias para su distribución.



Fig. 5.H Lámina de agua proveniente del río Cutzamala hacia la caja rompedora No. 15 en el Edo. de Méx.



Fig. 5.I Caja rompedora línea 3 que distribuye el agua hacia el D.F., la cual proviene del río Cutzamala

Es necesario que las nuevas campañas a realizar trasciendan de la mera contingencia del estiaje, a la escasez por aumento de la demanda, para que sea un esfuerzo sostenido, tenaz y persuasivo, destinado a cambiar las actitudes erróneas de los consumidores en cuanto a la utilización del agua. Dichas campañas deberán lograr que los habitantes comprendan que el agua es un recurso limitado y vital que se está terminando, que adopten actitudes y hábitos racionales y responsables con respecto al consumo del agua, para evitar su derroche y por lo tanto, su escasez.

5.4 EL AGUA, RETO DEL ACTUAL MILENIO.

Las entidades federales, vislumbran un enorme reto con la población que año con año crece y paralelamente con fuentes de abastecimiento de agua potable que no se incrementan en la misma proporción, el desafío del nuevo milenio es plantearnos nuevas fórmulas para proveernos de este vital elemento para nuestro desarrollo; pero el problema ya no es solo técnico, pasó la época de las grandes obras hidráulicas que honran y distinguen a la ingeniería civil mexicana, tampoco se distingue el ámbito económico o presupuestal en nuestro país por lo que tendremos que encontrar nuevas soluciones.

Las nuevas fórmulas no solo se encontrarán en las grandes obras hidráulicas o en más recursos presupuestales, sino en un cambio en las tendencias de la sociedad contemporánea. Se trata de implantar en la sociedad, nuevos valores, nuevas actitudes y nuevas percepciones sobre este invaluable recurso con una diferente cultura del agua.

Hablar de una nueva “Cultura del Agua” es, recuperar ese sentido simbólico de las antiguas comunidades que trataban al líquido como una fuerza sagrada, dadora de vida y merecedora de respeto. Los mexicanos de hoy y del mañana debemos de revalorar su importancia, no porque la creamos de origen divino, sino porque sabemos lo que cuesta obtenerla y lo que representaría carecer de ella.

El problema corresponde a la actitud de la sociedad frente a un recurso que simplemente se agotará, ya no habrá de donde trasladarla o extraerla. La solución se debe de orientar hacia un plano social, que demanda un cambio en los actuales valores de la sociedad contemporánea; tiene que ver con alentar una nueva percepción de la sociedad sobre el recurso del agua, lo podemos resolver formando una nueva cultura en nuestra gente.

Una actividad primordial será la difusión de la “Cultura del Agua” entre la niñez; la cual deberá difundirse en los libros de texto gratuitos, con la realización de concursos, teatro guiñol, carteles alusivos al tema y la utilización de medios masivos de comunicación para fomentarla; el apoyo a este tipo de campañas por todos los medios de comunicación será lo que nos garantizará el éxito.



Fig. 5.J Habitante de la comunidad de Juchitepec, el cual llega a pagar hasta \$35 por tambo de agua potable cada 3er. día



Fig. 5.K En el nuevo milenio, observamos las carencias de agua, y vemos la necesidad del acarreo en tambos. Niño en Apaxco Edo. De Méx.

Los retos de los gobiernos deben estar enfocados a cumplir con el aprovechamiento al máximo de los caudales que son de utilidad a la población, reduciéndose en el corto y mediano plazos las fugas, optimizando los servicios de agua potable.

5.5 LOS VALORES DE LA CULTURA DEL AGUA “UNA CONCIENCIA COLECTIVA”.

En primer término la cultura del agua implica una conciencia colectiva para analizar el ciclo hidrológico de este recurso, producto de un equilibrio en los ecosistemas, el cual hemos violentado en cuanto las ciudades ocupan indebidamente los espacios para la recarga de los acuíferos, impermeabilizando el suelo con pavimentos y construcciones. Ese equilibrio se trastoca con la tala irracional de los bosques lo cual produce erosión del suelo, y evita la infiltración natural del agua pluvial, el desequilibrio se manifiesta con frecuencia y, a veces, con violencia, como es el caso de las inundaciones.

El respeto al medio ambiente y al equilibrio de los sistemas ecológicos es pues, un primer valor de la cultura del agua.

La solidaridad es también un valor que debemos fomentar; entender que el recurso agua es un bien colectivo, que atiende a necesidades comunes, el agua que se derrocha o se fuga es la que falta a otras personas, el agua desperdiciada en la ciudad, es la misma que un campesino acarrea por kilómetros para saciar su sed. De la misma manera, las acciones que realicemos en el presente tendrán irremediamente efectos en el futuro, por ello, la cultura del agua debe de promover una actitud solidaria de cada individuo para con los demás, y también respecto a las nuevas generaciones que requerirán, como nosotros, de este recurso.



Fig. 5.1 Campesinos acarreado 2 botes de agua para necesidades primarias, en Melchor Ocampo Estado de México.

La satisfacción de las necesidades de agua, se verán resueltas en la medida que la sociedad entienda que éste es un recurso escaso, y en determinadas circunstancias, no renovable. Por ello, debe de usarse racionalmente; es decir, con medida y ello requiere del valor de *la disciplina*.

Disciplina para fijar reglas de uso del agua y responsabilidad individual y colectiva para acatarlas, para incorporarlas a nuestra vida cotidiana, sin necesidad de sanciones, sino como un valor adquirido de esta cultura, de esta conciencia colectiva sabiendo que en los países desarrollados, los consumos son aun menores, del orden de 170 l/hab./día.

En otro orden de ideas, aunque el agua en estado natural carece de un precio, su extracción, captación, conducción y introducción a los hogares, implica un costo que debe de ser justamente cubierto por los consumidores.

Al margen de las políticas tarifarias o de subsidios que se establezcan, la colectividad debe de asumir una responsabilidad respecto al pago del servicio que permitirá mantenerlo, ampliarlo y mejorarlo en su calidad. La *responsabilidad* es también un valor cultural, y deberá inculcarse para sustituir la creencia de que el agua es un recurso proveído por el estado y por ello, el consumidor no esta obligado a pagar.

Finalmente, es necesario cambiar nuestras actitudes sobre el reutilización y reciclado del agua, en nuestra sociedad, no obstante los avances tecnológicos en la materia, todavía persisten temores, prejuicios y tabúes respecto al uso del agua tratada.

La *sabiduría* es entonces un valor de esta nueva cultura, que rompe esas ataduras y haría posible el uso, una y otra vez, y permitiría su disponibilidad para ciertos usos urbanos, industriales y agrícolas, dejando para el consumo humano las aguas de mejor calidad.

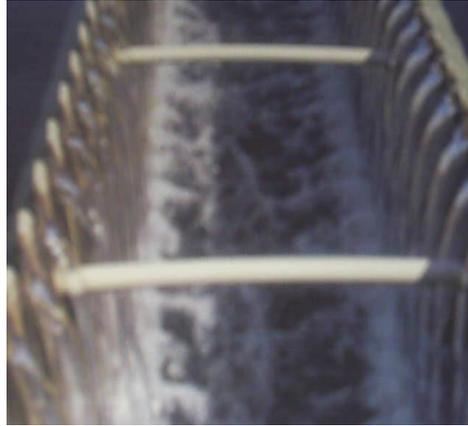


Fig. 5.M Agua de la planta tratadora de Berros, su calidad de tratamiento es del 80%.

Las acciones que se llevan a cabo para el suministro del agua potable a la población deben caracterizarse por su eficiencia, eficacia y calidad, que junto con el programa de una nueva cultura, deben realizarse de manera permanente. Es importante considerar que aunque será necesario conducir y bombear el agua de fuentes de abastecimiento alejadas de las grandes concentraciones de población, su aprovechamiento será adecuado cuando se logre reducir el porcentaje de pérdidas en las redes de abastecimiento, tomas domiciliarias e intra domiciliarias.

Cuando se utilice el agua pluvial al máximo y se incremente su volumen a los acuíferos; se utilice el agua residual tratada para los fines que no requieran calidad potable y se fomente el uso de muebles o accesorios de bajo consumo de agua. Entre las acciones a realizarse se deben considerar la actualización del padrón de usuarios, la revisión de las tarifas, facturaciones y cobranza, con la cual se logrará contar con organismos operadores más eficientes, ya que estos representan la atención directa en el suministro de los servicios hidráulicos a todos los estados; tal labor representa la sustentabilidad del recurso en nuestros hogares.

La prestación eficiente de servicios de agua potable y de drenaje a los habitantes, permitirá lograr una actitud positiva de la población al pago del servicio, ya que se presentan circunstancias de tipo comercial, las cuales dificultan el uso y aprovechamiento racional de los recursos como son: el servicio permanente subsidiado, los procesos de facturación y cobranza deficientes con un sistema de medición prácticamente inexistente, propiciando el derroche y desperdicio del agua.

Lo anterior impide la autosuficiencia en el suministro y se reporta una baja eficiencia comercial de los organismos operadores, provocado por la falta de recursos económicos que limitan el desarrollo de sus funciones sustantivas.

5.6 HACIA LA LEGALIDAD DE UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA.

Debemos adquirir un compromiso con el “recurso agua” el cual atiende una necesidad colectiva. Esto demanda responsabilidad, por lo tanto, existe una revalorización del líquido evitando su desperdicio; se dará un gran impulso al desarrollo de acciones para recuperar y preservar el agua con la ley del agua a nivel nacional, que norma la utilización de recursos y prevé su preservación además de la concientización de los usuarios para hacer un uso más adecuado en la próxima década. El agua siendo un recurso natural no cuesta, adquiere un costo al extraerla, transportarla e introducirla a los domicilios; entonces es necesario asumir este hecho y corresponder con el pago respectivo.



Fig. 5.N Construcción de la línea de agua potable Lerma-Huixquilucan que cuenta con 50km de construcción, beneficiando a 20,000 habitantes del Edo. de México.

Es necesario contar con tarifas diferenciales, en las cuales se refleje el costo del agua para el usuario de mayor consumo, es decir, que sea más alta la tarifa que para la de quienes la usan sólo para lo indispensable; asimismo es conveniente aplicar tarifas mayores para los usuarios no domésticos.

Por las características de los servicios urbanos, una parte sustancial de las inversiones necesarias para la construcción de obras de infraestructura hidráulicas, incluso para la operación de los sistemas, ha sido aportado por las autoridades federales, estatales y municipales; o bien por las dependencias encargadas de proporcionar el servicio.

En muchos casos esta política de subsidio a propiciado, por un lado, que la prestación del servicio sea cada vez con menor calidad, y por el otro, que el usuario haga dispendio, al considerar que está pagando por el servicio recibido.

Actualmente, servicios no tan vitales como el agua mantienen un control estricto con su cobro, tal es el caso de la energía eléctrica, teléfono, gas, etc, de tal manera que si no se paga, simplemente se corta su suministro.

Lograr una igualdad en la prestación de los servicios requiere de realizar mejoras y ampliaciones en la infraestructura hidráulica, en la cual, en muchos de los casos, es mayor la inversión. Sin embargo, su realización depende de contar con caudales adicionales de agua para lograr una mejor distribución, estos deben ser obtenidos de la campaña que iniciamos para promover una nueva "Cultura del Agua"; es decir, con base a la reducción de los consumos y del desperdicio.

5.7 LA POLÍTICA PÚBLICA DE UNA NUEVA CULTURA DEL AGUA.

Los valores sociales ideales, requieren a su vez de nuevas políticas públicas para el siguiente milenio, como son: plantear un desarrollo urbano que armonice con la recarga de los acuíferos, los cuales son y seguirán siendo las fuentes de abastecimiento más importantes del país.



Fig. 5.Ñ Recarga de los canales de Xochimilco por medio de agua tratada de la planta Cerro de la Estrella Iztapalapa, D.F.

Se deberá contar con un control en la explotación de pozos de agua potable, para reducir la sobreexplotación del acuífero como sucede en el Estado de México, debemos de trabajar también en este sentido con los agricultores para que cuenten con técnicas adecuadas para el aprovechamiento del agua; ya que el 83% de esta se utiliza en el país para usos agrícolas.

La situación que prevalece actualmente en la Ciudad y en el Estado de México, de mantener su tendencia de sobreexplotación de acuíferos, urbanización de zonas de recarga con agua de lluvia, descarga de aguas residuales sin tratamiento a cuerpos receptores, además de una mala distribución del agua a la región y a las altas tasas de crecimiento demográfico representan un grave riesgo a la sustentabilidad del desarrollo de la entidad.

Las fuentes de agua potable como se menciona son inagotables pero la sobre explotación de acuíferos han provocado grandes daños a la infraestructura urbana al continuar las tendencias

de hundimientos en terreno, reduciéndose los volúmenes de infiltración por nuevos desarrollos urbanos, además de incrementar la contaminación en ríos, lagos, presas, y lagunas.

La sustentabilidad de nuestras ciudades y regeneración del ambiente, será el resultado de la nueva “Cultura del Agua” que se desarrolla en las regiones de esta manera en nuestras sociedades estarán condenadas a repetir las historia de nuestros antepasados Teotihuacanos, los cuales abandonar las ciudades por falta de ese elemento.

5.8 LA DINÁMICA DEMOGRÁFICA EN LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.

En la actualidad México enfrenta un reto muy difícil en materia de infraestructura hidráulica y dotación de servicios, debido principalmente al desmedido crecimiento de su población, que rebasa las posibilidades para dotar de los servicios de agua potable y drenaje al total de sus habitantes, y a la ubicación de las fuentes de abastecimiento con respecto a los asentamientos humanos; esto ha provocado que la distribución del agua no sea uniforme en los hogares.

Los incrementos en la demanda de agua potable, han ocasionado que el costo de la prestación del servicio aumente paulatinamente, ya que las fuentes potenciales de abastecimiento se encuentran cada vez más alejadas de los sitios de consumo, requiriendo más y mejores obras para captar y conducir el agua potable.

El 65% de la población del Estado de México se asentará en el año 2015 en los 18 municipios conurbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, los cuales comparten la infraestructura hidráulica con el Distrito Federal. Esto proporciona una mayor demanda de agua en esta región, aunque las tasas de crecimiento poblacional actual es de 2.36% disminuirá al 1.64%; para el año 2015 continuará con una población de aproximadamente 16.75 millones de habitantes.

Como parte de una nueva “Cultura del Agua” la población deberá estar acorde con los recursos naturales, incrementando la recarga de los acuíferos, con agua residual tratada de plantas de tratamiento avanzado e incrementando la recarga de agua de lluvia por medio de la construcción de presas, gaviones, terraceos, y pozos de absorción.

Como podemos observar los esfuerzos a realizar en la construcción de la nueva infraestructura son enormes, si además consideramos las proyecciones de cobertura del 95% en agua potable, 85% en drenaje y 93% en el tratamiento de las agua residuales; ahora más que nunca, debemos iniciar con la implantación de un programa del uso eficiente del agua, que nos permita ser más eficaces y eficientes al utilizar dicho recurso.

5.9 RESPONSABILIDAD EN EL PAGO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.

Los incrementos en la demanda de agua potable ocasionan que el costo del líquido aumente paulatinamente, obediendo a que las fuentes de abastecimiento como ríos, manantiales, lagos y deshielos de los volcanes están cada vez más lejos de los sitios de consumo. En otras palabras, hay que traer el agua cada vez de zonas más lejanas.

La deficiencia en la operación de los sistemas de abastecimiento refleja una irregular prestación del servicio que se transforma en una imagen negativa ante los usuarios. Esto provoca un círculo vicioso para la gran mayoría en las instancias municipales encargadas de los servicios, ya que por un lado, no pueden incrementar las tarifas por el mal servicio que proporcionan y por otro es imposible mejorarlo por falta de recursos económicos.

Según encuestas realizadas a organismos operadores, se estima que del caudal producido sólo se aprovecha un 70% de agua, debido a fugas en la conducción o en la red de distribución, y de éste sólo el 36% es recuperado en términos económicos, lo cual da por resultado una eficiencia del 25%.

Debemos comprender como usuarios la difícil situación económica por la que atraviesa el país es importante llevar a cabo acciones de ahorro y uso eficiente del agua y de la infraestructura hidráulica disponible, actualizando el marco legal y promoviendo el desarrollo sustentable de los organismos operadores. Además de concientizar a la población de la problemática del subsector para que otorgue al agua el valor real que representa, esto se puede llevar a cabo por medio de difusiones gubernamentales y sociedades privadas.

Acciones de este tipo no pueden continuar aplazándose y se deben realizar con base en los grandes beneficios sociales, económicos y ecológicos inherentes. Si se requiere transitar hacia un desarrollo sustentable deberán impulsarse acciones de este tipo de manera contundente y permanente, pasando de proyectos ocasionales a su realización.

5.10 RETOS HIDRÁULICOS ANTE EL NUEVO MILENIO.

Los retos que se plantean en materia hidráulica en México, están constituidos por el aprovechamiento al máximo de los caudales que son conducidos a la población, y la reducción en corto y mediano plazos de las fugas que actualmente se estiman en un 30%, lo cual permitirá contar con un sistema hidráulico con eficiencia que permita que el agua consumida por la población sea el 80% de las fuentes de abastecimiento.

Se deberá considerar para el año 2020, un porcentaje de fugas no mayor al 20%, ya que ciudades con un alto desarrollo tecnológico y económico como son París, Berlín y Nueva York, las pérdidas de agua en sus sistemas hidráulicos son del orden del 15%, haciendo prever como razonables tales pérdidas en los sistemas hidráulicos en nuestras ciudades.

La reducción de fugas en el sistema hidráulico se deberá realizar considerando la utilización de un desarrollo metodológico, como el que plantea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Dicho instituto propone contar con macro y micro medición y seccionamientos hidráulicos sobre la red para poder conocer con precisión el porcentaje de fugas para plantear una propuesta de trabajo en su detección y reparación.

Una de las finalidades del sistema hidráulico es mejorar la distribución actual entre los usuarios del agua, ya que existen zonas con presiones altas y caudales superiores a las que se requieren, mientras en otras zonas el servicio es por horas; tal es el caso de las zonas Poniente y

Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México esto requiere la construcción de una nueva infraestructura primaria de agua potable.

El caudal esta estimado a nivel nacional en 71% es agua subterránea, el 19% es superficial y el 10% es agua residual tratada, lo cual incrementa la problemática de sobreexplotación de acuíferos, siendo similar a lo que sucede en todo el país, de acuerdo a la información de la Comisión Nacional del Agua, el 83% del agua de origen subterráneo, es utilizada en actividades agropecuarias principalmente.

En este sentido el reto será el revertir los porcentajes de agua subterránea utilizada en actividades agropecuarias, con base en la aplicación de sistemas de riego moderno de bajo consumo de agua, y el uso casi total del agua residual tratada y la de origen superficial, en esa forma se podrá abatir la sobreexplotación de los mantos acuíferos.

Aunado a lo anterior, la crisis económica provoca mayores dificultades a las dependencias y organismos que prestan los servicios, ya que se han planteado como retos fundamentales en el subsector agua, lograr un manejo adecuado del sistema hidráulico, en sus aspectos de operación y mantenimiento; asimismo, la mejor planeación, proyecto y construcción en las ampliaciones del sistema, además de lograr el manejo de aguas residuales, en donde debe contemplarse su tratamiento para la reutilización. Todos estos son aspectos fundamentales en tiempos donde se requiere el uso eficiente del agua.

Lograr una operación eficiente depende de gran medida de realizar los trabajos de mantenimiento en su oportunidad por lo que es importante contar con los recursos necesarios; el sistema hidráulico requerirá en corto plazo, la sustitución de la mayor parte de sus componentes por falta de mantenimiento preventivo adecuado, además de fallas constantes en el servicio.

Es necesario conocer en la parte operativa del sistema los caudales que son derivados de tanques y acueductos hacia las áreas de servicio. Esta información proporciona el caudal requerido por la población, pudiéndose así determinar las dotaciones reales con base al trabajo de macro y micro medición, automatizando los sistemas hidráulicos los cuales permitan mejorar la distribución y la eliminación de fugas por la alta presión en las redes o por la fatiga de tubería al tandearse el servicio.

Proporcionar un servicio de calidad a la población será posible al promover la responsabilidad en el pago por el servicio, esto permitirá fortalecer a los organismos operadores municipales, con lo cual será factible operar adecuadamente la infraestructura hidráulica.

Por lo anterior se puede afirmar que la distribución de agua debe realizarse con información técnica para la toma de decisiones, lo que evitará la especulación del agua por parte de los "piperos" y "valvuleros".

En materia de drenaje se requieren programas de desazolve adecuado a las zonas con mayores problemas, sin embargo, para cumplir con los programas definidos en forma razonable se requiere de maquinaria y equipo. El apoyo de los municipios no es suficiente en ese rubro, para cubrir toda la demanda, por lo tanto, se hace necesario fortalecerlos.



Fig. 5.O Construcción de la línea de drenaje en Zinacalpetec, Edo. de Méx.



Fig. 5.P Limpieza y desazolve de las coladeras en el Municipio de Naucalpan, Edo. de Méx.

Por otro lado se requiere en coordinación con la Comisión Nacional del Agua, el desazolve de presas y cauces para evitar la pérdida de capacidad de regulación.

Tratar el 100% de las aguas residuales en corto, mediano y largo plazo, permitirá sanear los cuerpos receptores de agua y reutilizar gran parte de este caudal en la industria, el riego de zonas agrícolas y áreas verdes, el lavado de autos, así como efectuar la recarga artificial del acuífero y la formación de lagos recreativos.

El tratamiento de agua residual de la Ciudad representa un importante reto a vencer ya que por un aparte, se debe realizar el tratamiento masivo de volúmenes mayores a los $40\text{m}^3/\text{seg.}$, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la ciudad de Toluca, Puebla, Pachuca, etc; por otra parte, atender el saneamiento para el desalojo de aguas residuales.

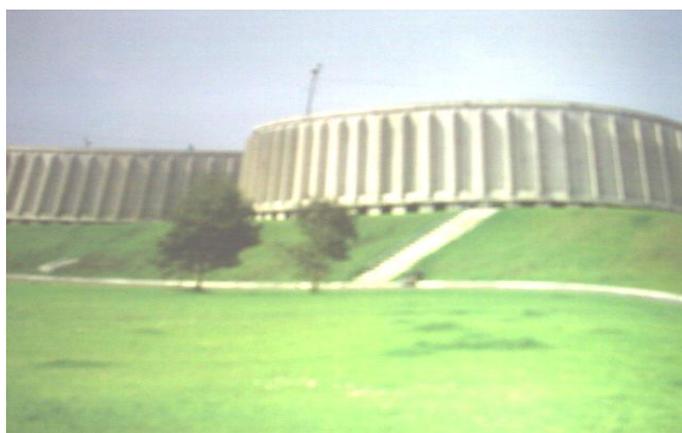


Fig. 5.Q Planta de tratamiento de aguas residuales, empresa privada de Atlacomulco, Edo. de Méx.

Se debe trabajar intensamente en el aprovechamiento del agua pluvial, promoviendo su utilización en el comercio y en la industria, en casas habitación localizadas en zonas de recarga del acuífero y se recomienda inducir el escurrimiento de techos hacia las áreas con jardines, incrementar la retención del suelo en las cuencas por medio de terráneos y presas de gaviones.



Fig. 5.R Cisterna de captación pluvial en el campo, utilizada para el cultivo de haba en San Juan del Río, Querétaro



Fig. 5.S Cisternas de captación de agua pluvial en casa habitación, Pachuca, Hgo.

Otro reto será reducir el consumo intra domiciliario de agua a través de la sustitución de accesorios hidráulicos en el hogar, como el caso de los muebles sanitarios. Actividad que deberá ser iniciada inmediatamente y de manera obligatoria en oficinas de gobierno, iniciativa privada, en la industria y en el comercio, a mediano y largo plazos en casas habitación y conjuntos habitacionales. Esto será con la finalidad de incrementar la cobertura del servicio a un mayor ritmo; así como realizar la infraestructura que se requiere en los territorios para mejorar la distribución del agua potable.

La participación de la iniciativa privada junto con la del Estado, para el manejo de los recursos hidráulicos en nuestro país, en los últimos años representa avances importantes en la eficiencia de los sistemas de agua potable y drenaje; por ejemplo la ciudad de Aguascalientes cuenta con una concesión en la operación de su sistema de agua potable, lo que le permite tener tanta eficiencia comercial con respecto a la media del país, así como disminuir las pérdidas de agua en sus redes.

En el Estado de México la participación de la iniciativa privada a nivel industrial dió inicio con las macro plantas Toluca Norte y Oriente, las cuales han permitido evitar las descargas de aguas negras al río Lerma. La participación de empresas particulares en la construcción, operación, mantenimiento y en los sistemas comerciales en el sector hidráulico, permitirá en corto plazo contar con mejores eficiencias físicas y comerciales de los sistemas hidráulicos, logrando así cumplir con las metas fijadas en los programas de desarrollo estatal en menor tiempo.



Fig. 5.T Planta de Tratamiento Toluca Norte Edo de Méx.



Fig. 5.U Planta de tratamiento Toluca Oriente Edo. de Méx.

5.11 LOS NUEVOS CAMINOS DEL AGUA.

Sembrar desde ahora la semilla de una nueva “Cultura del Agua” que son el conocimiento, solidaridad, disciplina, responsabilidad y sabiduría en los niños resultará para el año 2020 en una generación con mexicanos con más conciencia y compromiso.

Una nueva generación que entienda el ciclo del agua y muestre respeto a nuestros recursos naturales; una nueva generación más solidaria con sus semejantes y con las generaciones siguientes con una nueva generación con disciplina para usar racionalmente el líquido; una nueva generación con responsabilidad para costear el servicio, y finalmente una nueva generación más sabia, más culta, que superará temores y prejuicios para usar y reutilizar el agua, como lo requieran las circunstancias futuras.

Por eso es fundamental introducir esta cultura en la educación básica y a través de los medios de comunicación, empecemos el nuevo siglo con un ánimo de cambio y transformación de nuestros valores y actitudes respecto a este preciado elemento. Debemos cambiar el rumbo, sentar nuevas bases, modificar inercias para lograr una verdadera revolución del agua que no admite demora.

Reconciliémonos con este elemento fundamental para la vida, hasta el presente muchas veces menospreciado y desperdiciado, emprendamos en el nuevo milenio, todos juntos, una cruzada por el agua, que será una lucha más por la vida.

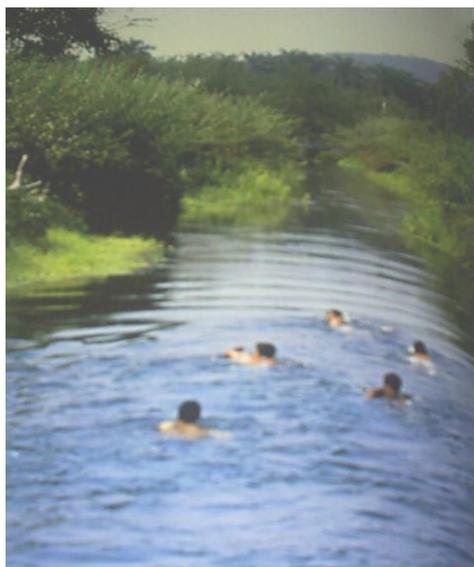


Fig. 5.V Los cuerpos de agua son para todos cuidémoslos.
Río de aguas termales en Talantongo, Edo. de Hidalgo

CONCLUSIONES

1.- PROGRAMAS SOCIALES DE VIVIENDA

La elaboración del presente trabajo de tesis, me permitió realizar investigaciones sobre la problemática social en el desarrollo de la vivienda en México y específicamente en el Distrito Federal y en su zona conurbada, relacionándola con el crecimiento demográfico y el interés familiar para mejorar su calidad de vida. Sin embargo los programas gubernamentales y los proyectos de planificación para dotar de vivienda a la ciudadanía, no se han desarrollado con la misma velocidad, provocando que la población se apropie en forma indebida de áreas no propicias para la edificación, como son: cañadas, cerros, orillas de canales de aguas negras, zonas minadas, etc., las cuales ya tienen problemas de hundimientos, grietas y cuarteaduras, además de daños estructurales en las actuales construcciones, obligando a los usuarios a buscar una mejor reubicación, la cual conlleva el incrementar la “mancha urbana” en forma desproporcionada.

Para construir nuevos proyectos, es necesario analizar las diferentes tendencias políticas, sociales y económicas en nuestro país, así como la factibilidad física que nos permita determinar la ubicación más adecuada de las unidades habitacionales proyectadas, tratando de atender la mayor demanda de vivienda, mejorando los métodos estructurales, el tipo de materiales y los procesos constructivos, que permitan optimizar los tiempos de edificación disminuyendo significativamente los costos de la obra y de los proyectos de planificación urbana.

Cabe mencionar que la optimización de los costos no debe de influir en la calidad de los servicios, ya que una unidad habitacional debe ofrecer de acuerdo al Reglamento de Construcción para el Distrito Federal vigente; la seguridad y confort en la vivienda que habite.

Hoy en día los grupos constructores y las instituciones bancarias a través del Ejecutivo Federal, han creado programas de apoyo para la adquisición de vivienda mediante créditos hipotecarios, claro está, que los espacios habitacionales que ofrecen las constructoras han pasado a una modalidad de áreas reducidas, y por ende, a la disminución de áreas de recreación, cambiando también el estilo arquitectónico constructivo con diseño horizontal a otro de forma vertical; en general, concebimos a la unidad habitacional actual, como un espacio destinado a la creación de vivienda de interés social, ofreciendo dentro de sus instalaciones los servicios necesarios para sus habitantes.

Los estándares de construcción son cada día más innovadores, esto es porque los materiales que utilizamos presentan mejoras en sus propiedades mecánicas y en sus características de rápida instalación, ofreciendo mayor calidad en su resistencia, adherencia, durabilidad, etc., características que generalmente solo eran analizadas para el concreto y acero estructural.

Me parece muy importante el desarrollo de los actuales proyectos habitacionales y los programas de reacondicionamiento de la población, pero recordemos que existen servicios que son plenamente importantes en el interior de estas unidades habitacionales; y que son demandados

conjuntamente con la creación de nuevos polos de desarrollo en la comunidad, tales como: agua, energía eléctrica, teléfono, drenaje y alcantarillado; pero ninguno se encuentra tan amenazado como el agua.

2.- PROGRAMAS DE ABASTECIMIENTO Y REUTILIZACIÓN DEL AGUA

El abasto de agua potable es cada día más difícil de proporcionar, el reto de su suministro está latente porque la ciudad continúa expandiéndose y la población sigue creciendo demandando mayores volúmenes de este recurso. Ante esta situación, el abastecimiento de agua potable representa una de las prioridades más importantes en la actualidad, así como la atención de nuevas demandas y por otra parte, debemos reducir gradualmente la severa sobreexplotación a que se ha sometido el acuífero del Valle de México.

Es importante destacar que el Área Metropolitana de la Ciudad de México no cuenta con sitios adecuados para regular y almacenar el agua pluvial; por estar asentada en la parte más baja del Valle en donde aproximadamente 1,800 km² obstaculizan la recarga del acuífero, situación que propicia que del total de la lluvia media anual de aproximadamente 6,646 millones de m³ que se precipitan dentro de la cuenca durante cuatro meses del año, el 30% se evapora, el 11% se infiltra en el subsuelo, el 9% se escurre superficialmente y el 50% restante se dirige al drenaje. Recordemos que el Sistema General de Drenaje nos permite evitar inundaciones, pero también elimina la posibilidad de recarga de acuíferos, por lo que observamos las deficiencias de la planificación en el uso de aguas por medio de captación pluvial.

En el año 2006 en el Área Metropolitana de la Ciudad de México, se dispuso de un abastecimiento de agua potable de 64,140 l/seg. en promedio, de los cuales 42,805 l/seg., provienen del subsuelo del Valle de México, 14,423 l/seg. del sistema Cutzamala, 5,724 l/seg. del sistema Lerma y 1,188 l/seg. de aprovechamientos superficiales mediante la presa "Madín" y de manantiales dentro del propio valle. Estos datos son de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Los estudios de uso del agua indican que el desperdicio por persona es muy grande aproximadamente de 10 m³/seg. al mes y el abastecimiento es ineficiente, agravando el problema de crecimiento y mejora de los servicios en los nuevos centros de población.

Una pregunta recurrente que la ingeniería se plantea, se refiere al requerimiento y suministro óptimo de agua en los planes de desarrollo urbano. ¿Por qué no cuidarlo? o mejor aun ¿Por qué no reutilizarlo?, hoy en día existen grandes avances en los proyectos de investigación e innovación tecnológica (física, química, ingeniería geo-ambiental, etc.) y el problema al que nos enfrentamos fundamentalmente está representado por la negativa del ser humano con respecto a la reutilización de las aguas y a la aceptación de sus tratamientos.

El conocimiento en años recientes de los efectos acumulativos de la contaminación han sido alarmantes, el principal foco rojo en la población es el agua residual, planteando el mayor problema de una adecuada dotación personal, ya que por medio de estos desechos se producen alteraciones ecológicas por los diversos productos que contienen y a que las áreas receptoras son incapaces de asimilar este tipo de agua.

3.- TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Generalmente las aguas que utilizamos tienden a llevar residuos domésticos como sobrantes de comida, jabonaduras del lavado de trastes y ropa, aguas de aseo y baño diario, descargas de W.C., etc., que acarrear componentes biológicos los cuales son básicos para los procesos de oxidación y su descomposición orgánica. Recordemos que las aguas descritas presentan composiciones físicas y químicas que generan desagradables olores, que pueden ser insoportables para el ser humano, de ahí se genera principalmente la aceptación de la ciudadanía para poder tratar las aguas residuales.

Cuando las aguas residuales descargadas no han sido del todo tratadas, o en forma insuficiente, el resultado será la contaminación de las corrientes subterráneas. La **prevención de la contaminación** en dichas corrientes tiene obviamente un valor estético, pero también presentan sólidas razones económicas y principalmente de salud para la población a la cual dotaremos de esta agua.

Las aguas residuales urbanas presentan tipos de contaminantes muy variados, hecho que nos impide retener a las aguas residuales dentro de un contenedor y llevar a cabo un solo proceso de tratamiento.

Una investigación del uso de agua dentro de una planta de procesos, muestra áreas en donde existen posibilidades de modificar los métodos de producción a fin de disminuir los requerimientos de agua y la carga de contaminación impuestas por los residuos obtenidos, o el uso de reactivos que hagan de sus corrientes de agua la más apropiada a la purificación y su reutilización, se pretende, por otra parte, recurrir a detergentes biodegradables para la limpieza y sustituir a los ácidos minerales por ácidos orgánicos.

4.- PROPUESTA TECNOLÓGICA

Para llevar a cabo los procesos de reutilización del agua, propongo la construcción de una planta de tratamiento dentro de las instalaciones de unidades habitacionales a construir, de uso exclusivo para aguas domésticas, donde no encontraremos aceites en exceso, vertido de químicos peligrosos u otras sustancias que reaccionen y se disuelvan con las aguas a tratar.

Los principales procesos de tratamiento para las aguas residuales son los físicos, químicos y biológicos.

Los procesos físicos, se basan en "propiedades físicas" por diferencia de densidades, e incluyen la separación de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, la remoción de partículas flotantes, la retención de partículas de gran tamaño, desechos sólidos (basura), etc.

Los procesos químicos, consisten en la separación o transformación de sustancias sedimentables, flotantes y disueltas, mediante el uso de sustancias químicas. Un sistema

utilizado en este proceso, es el uso de algún desinfectante para eliminar elementos patógenos existentes en el agua para que no perjudiquen la salud de la población.

Los procesos biológicos, utilizan la actividad de ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

Los tipos de tratamiento para llevar a cabo estos procesos mencionados pueden clasificarse en: preliminares o de pre-tratamiento, de tratamiento primario, de tratamiento secundario y por último de tratamiento terciario.

5.- IMPACTO AMBIENTAL

Con relación a los aspectos sociales, es necesario considerar que la alternativa no afecte intereses de grupos y asociaciones y que el proyecto sea aceptado por la comunidad. Asimismo deben incorporarse criterios de impacto ambiental para evaluar las alternativas de tratamiento. En el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales, debe tenerse especial atención en las políticas de uso de suelo y zonificación, la generación de olores, la contaminación del subsuelo y sus aspectos de riesgo.

Sembrar desde ahora la semilla de una nueva "Cultura del Agua", significa el respeto, la solidaridad, la disciplina, el conocimiento, la responsabilidad y la sabiduría de las nuevas generaciones, principalmente de los niños y jóvenes, para que en el año 2020, se tenga una generación con mexicanos de mayor conciencia y compromiso en el uso de sus recursos naturales.

El respeto al medio ambiente y al equilibrio de los sistemas ecológicos, es un primer valor de la cultura del agua.

La solidaridad es también un valor que debemos fomentar; entendiendo que el recurso agua es un bien colectivo, que tiende a necesidades comunes, el agua que se derrocha o se fuga es la que falta a otras personas, el agua desperdiciada en la ciudad, es la misma que un campesino acarrea por kilómetros para saciar su sed.

De la misma manera, las acciones que realicemos en el presente tendrán irremediablemente efectos en el futuro, por ello, la cultura del agua debe de promover una actitud solidaria de cada individuo para con los demás, y también respecto a las nuevas generaciones que requerirán, como nosotros, de este recurso.

La satisfacción para cubrir las necesidades de uso del agua, se verán resueltas en la medida que la sociedad entienda que éste es un recurso escaso, y en determinadas circunstancias, no renovable. Por ello, debe de usarse racionalmente; es decir, con medida y ello requiere del valor de *la disciplina* para fijar reglas de uso del agua y de *responsabilidad individual y colectiva* para acatarlas, para incorporarlas a nuestra vida cotidiana sin necesidad de sanciones, sino como un valor adquirido de esta cultura, de esta conciencia colectiva, sabiendo que en los países desarrollados, los consumos son aún menores (del orden de 170 l/hab./día).

6.- COSTOS

En otro orden de ideas, aunque el agua en estado natural carece de un precio, su extracción, captación, conducción y suministro a los hogares, implica un costo que debe ser justamente cubierto por los consumidores esta al rededor de \$5.00 a \$10.00 m³ de agua potable; mientras que por el agua tratada estará pagando alrededor de \$3.70 a \$7.50 m³.

Al margen de las políticas tarifarias o de subsidios que se establezcan, la colectividad debe asumir una responsabilidad respecto al pago del servicio que permitirá mantenerlo, ampliarlo y mejorarlo en su calidad. La *responsabilidad* es también un valor cultural, y deberá inculcarse para sustituir la creencia de que el agua es un recurso proveído por el estado y por ello, el consumidor no está obligado a pagar.

7.- LA CULTURA DEL AGUA

Finalmente, es necesario cambiar nuestras actitudes sobre la reutilización y reciclado del agua, en nuestra sociedad, no obstante los avances tecnológicos en la materia, todavía persisten temores, prejuicios y tabúes respecto al uso del agua tratada.

La *sabiduría* es entonces un valor de esta nueva cultura, que rompe esas ataduras y hará posible su uso, una y otra vez, y permitira su disponibilidad para usos urbanos, industriales y agrícolas, dejando para el consumo humano las aguas de mejor calidad, mejorando los sistemas de potabilización.

Es necesaria una nueva generación que entienda el ciclo del agua y muestre respeto a nuestros recursos naturales; una generación más solidaria con sus semejantes y con las generaciones siguientes, una generación con disciplina para usar racionalmente el líquido, que tenga responsabilidad para costear el servicio, y finalmente una nueva generación más sabia, más culta, que supere temores y prejuicios para usar y reutilizar el agua, como lo requieran las circunstancias futuras.

Por eso es fundamental introducir esta cultura en la educación básica a través de los medios de comunicación; demos a este siglo un ánimo de cambio y transformación de nuestros valores y actitudes respecto a estepreciado elemento. Debemos cambiar el rumbo, sentar nuevas bases, modificar inercias para lograr una verdadera revolución del agua que no admite demora. Reconciliémonos con este elemento fundamental para la vida, muchas veces menospreciado y desperdiciado, emprendamos en el nuevo milenio, todos juntos, una cruzada por el agua, que será una lucha más por la vida.

8.- APLICACIÓN DE INGENIERÍA SUSTENTABLE

Los retos que se plantean en materia hidráulica en México, están constituidos por el aprovechamiento al máximo de los caudales que son conducidos a la población, y la reducción en el corto y mediano plazos de las fugas que actualmente se estiman en un 30%, lo cual

permitirá contar con un sistema hidráulico con eficiencia para que el agua consumida por la población sea del 80% de las fuentes de abastecimiento.

Se deberá considerar para el año 2020, un porcentaje de fugas no mayor al 20%, ya que en ciudades con un alto desarrollo tecnológico y económico como París, Berlín y Nueva York, las pérdidas de agua en sus sistemas hidráulicos son del orden del 15%, haciendo ver como irrazonables y deficientes a los organismos operadores de agua los cuales llevan el control de tales pérdidas en los sistemas hidráulicos en nuestras ciudades.

La reducción de fugas en el sistema hidráulico se deberá realizar considerando la utilización de un programa metodológico, como el que plantea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Dicho instituto propone contar con macro y micro medición y seccionamientos hidráulicos sobre la red para conocer con precisión el porcentaje de fugas y plantear una propuesta de trabajo para su detección y reparación.

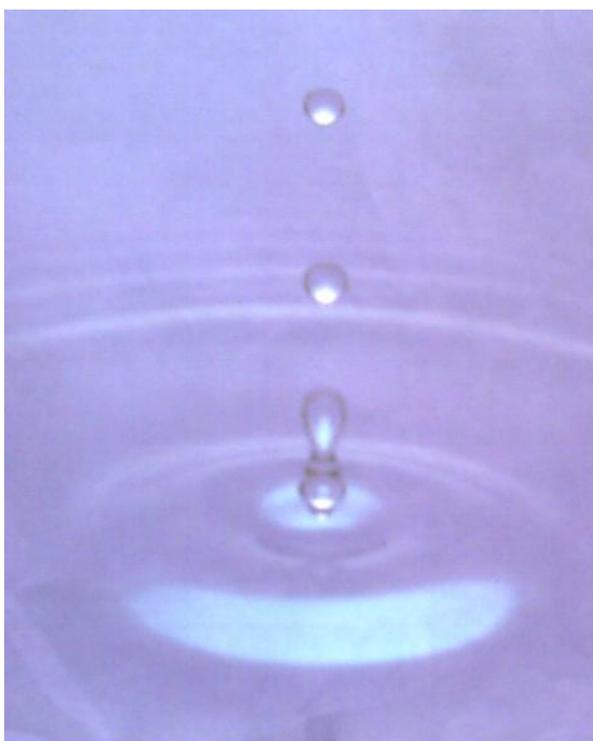
Una de las finalidades del sistema hidráulico es mejorar la distribución actual a los usuarios del agua, ya que existen zonas con presiones manométricas altas y caudales superiores a las que se requieren, mientras en otras zonas el servicio es por tiempo determinado (horas) tal es el caso de las zonas Poniente y Oriente del Área Metropolitana de México, esto requiere la construcción de una nueva infraestructura primaria de agua potable.

Al recordar los procedimientos analizados en los cursos de hidráulica, tratamiento y potabilización del agua, tuberías, canales y en general haciendo reflexiones sobre la Mecánica de los Fluidos así como a la demanda social de servicios, creo que compete a la ciudadanía el uso adecuado y ahorro permanente del agua, evitando el desperdicio en las actividades agrícolas, domésticas e industriales. La Ingeniería Civil capacita a los profesionales a formular proyectos para el desarrollo tecnológico que estarán en paralelo con la toma de conciencia y de los esfuerzos que representan las acciones para el abastecimiento de agua potable y su reutilización, tarea que corresponde al ingeniero, a las autoridades y a los usuarios, tanto para su cuidado, su buen uso y el pago justo del servicio.

Debemos tener presente que la captación y conducción de agua de fuentes externas presenta un gran problema a resolver; porque el habitante de la ciudad en su gran mayoría considera que el agua es un derecho, y por lo tanto la exige. Por su parte, el habitante de la zona de captación lo considera como explotación y el transporte del recurso como un despojo. Nuestra tarea es conciliar ambos aspectos atendiendo el reto y responsabilidad tecnológica con apoyo de las autoridades gubernamentales y de la sociedad. No existe agua más cara que la que no se tiene y su ahorro y reutilización racional debe ser constante para todos los habitantes del Área Metropolitana de México en lo particular y de la humanidad en lo general.

A las grandes obras de Ingeniería Hidráulica de la ciudad es necesario adicionar importantes acciones para consolidar los principios de la cultura del agua, enfocados básicamente a cuidar y preservar el vital recurso para beneficiar a las presentes y futuras generaciones.

Imagen utilizada en la inauguración del IV Foro Mundial del Agua.
Ciudad de México, 16 de marzo de 2006



Cuando el hombre domina el agua y aprende a conservarla, florece su espíritu, su creatividad y se hace posible una vida digna; siempre debemos recordar que la vida brotó del agua y de ella seguirá dependiendo.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGÉLICA ENCISO L. (2006) REPORTAJE DEL PERIÓDICO “LA JORNADA” CON EL DIRECTOR GENERAL DE LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA CONAGUA. SECCIÓN DE POLÍTICA. DICIEMBRE 11. MÉXICO.
- CATALÁN VALDÉS RAFAEL. (1993). “LAS NUEVAS POLÍTICAS DE LA VIVIENDA”. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA 1 ra. EDICIÓN. MÉXICO.
- DELGADO RAMOS GÍAN CARLO. (2006). “AGUA Y SEGURIDAD NACIONAL EN MÉXICO”. EL FARO, LA LUZ DE LA CIENCIA EJEMPLAR No. 56 EDITORIAL IMPRESIONES FOTOMECÁNICAS. MÉXICO 3 DE NOVIEMBRE.
- DÓÑEZ RUIZ JOSE LUIS. (1994). “LA VIVIENDA EN COPROPIEDAD Y SU NECESARIO CAMBIO AL RÉGIMEN EN CONDOMINIO”. CÁMARA NACIONAL DE COMERCIO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. MÉXICO.
- DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK. (1964) DE ESTE LIBRO SOLO SE REALIZARÓN 2000 EJEMPLARES EN TODO EL PAÍS. “MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS” EDIT. LIMUSA WILEY. MÉXICO.
- FAIR M. G.; GEYER CH; A.D. OKUN. 1984. “PURIFICACIÓN DE AGUAS, TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES”. VOL: II, EDIT LIMUSA, NEW YORK, U.S.A.
- GORDOA BONILLA HECTOR. (2006). “SISTEMA CUTZAMALA, AGUA PARA MILLONES DE MEXICANOS”. EDITADO POR COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA CNA. MÉXICO.
- GUERRA GUERRERO GLORIA. (2002). “HORIZONTES DEL AGUA”. PRIMERA EDICIÓN IMPRESO POR EL GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. MÉXICO.
- HERNÁNDEZ MUÑOZ AURÉLIO. (1994). “DEPURACIÓN DE AGUA RESIDUALES” COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS”. COLECCIÓN SENIOR No. 9. ESPAÑA.
- HERRERA BELTRÁN FIDEL. (1991). “LA VIVIENDA POPULAR EN MÉXICO” EDITORIAL GARNICA 2 da. EDICIÓN. MÉXICO.
- INFORME ESPECIAL DE VIVIENDA. (1994). “REVISTA OBRAS”. EDITORIAL LIMUSA. MÉXICO.
- IRACHETA CENECORTA MARÍA DEL PILAR. (1997). “LA CIUDAD Y EL AGUA, APROVECHAMIENTO, DISTRIBUCIÓN, USO, HIGIENE Y DESECHOS”. DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO DEL MUNICIPIO DE ZINACALTEPEC. COLEGIO MEXIQUENSE. MÉXICO.
- MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. (1996). “DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN”. EDITADO POR COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA CNA. MÉXICO.
- MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. (1994). “SISTEMAS ALTERNATIVOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y TRATAMIENTO DE LODOS PRODUCIDOS”. EDITADO POR COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA CNA. MÉXICO.

MELVILLE ROBERTO. (2002). **"LA ANTROPOLOGÍA DEL AGUA EL ABASTO DE LAS GRANDES CIUDADES Y LA TRANSFERENCIA DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS"**. CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS SUPERIORES DE ANTROPOLOGÍA SOCIAL DEL GOBIERNO DE MÉXICO. MÉXICO.

MENDOZA ROCA JOSÉ ANTONIO; MONTAÑES SAN JUAN MARÍA TERESA. (1998). **"CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE"**. COLECCIÓN LIBRO DOCENTE. ESPAÑA.

NALCO CHEMICAL COMPANY. (1989). **"MANUAL DEL AGUA, SU NATURALEZA, TRATAMIENTO Y APLICACIONES"**. EDIT. Mc GRAW HILL. MÉXICO.

OCEJO GUTIÉRREZ EMILIO. (2005). **"VIVIENDA"**. REVISTA DEL ÓRGANO INFORMATIVO DE LA CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE DESARROLLO Y PROMOCIÓN DE VIVIENDA DELEGACIÓN VALLE DE MÉXICO. CANADEVI VALLE DE MÉXICO. AÑO 2 REVISTA #7. MÉXICO.

PERALTA OSCAR. (2006). **"CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS URBANOS"**. EL FARO, LA LUZ DE LA CIENCIA, EJEMPLAR No. 60. EDITORIAL IMPRESIONES FOTOMECAÁNICA. MÉXICO 2 DE MARZO.

RAMALHO, R. S. (1999). **"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"**. EDIT. REVERTÉ, ESPAÑA

RAMÓN CH. VERÓNICA (ENTREVISTA). (2006). **"¿HABRÍA ESCASEZ EXTREMA DE AGUA EN MÉXICO PARA EL AÑO 2040?"**. GACETA UNIVERSITARIA, MÉXICO 27 DE MARZO.

RIGOLA LAPEÑA MIGUEL. **"TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES"**. EDITORIAL MARCOMBO COLECCIÓN PRODUCTICA No 27. ESPAÑA.

ROMERO QUIROZ JAVIER. (2003). **"ATLAS ECOLÓGICO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LERMA"**. DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO. MÉXICO.

ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO. (1991). **"TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN"**. EDITORIAL ALFAOMEGA. MÉXICO.

RONZANO EDUARDO, DAPEÑA JOSÉ LUIS. (1995). **"TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES"**. EDITORIAL DIAZ DE SANTOS S. A. ESPAÑA.

SHIEINGART MARTHA. (1994). **"ESPACIOS Y VIVIENDA EN LA CIUDAD DE MÉXICO"**. EDITORIAL COLEGIO DE MÉXICO. MÉXICO.

SHULZ CHISTOPHER R. (1990). **"TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES PARA PAÍSES EN DESARROLLO"**. EDITORIAL LIMUSA. MÉXICO.

TEBBUTT, T. H. J. (1980). **"FUNDAMENTOS DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA"**. EDITORIAL LIMUSA. MÉXICO.

THE AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, INC. (1975). **"CONTROL DE CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA, MANUAL DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE AGUA POTABLE"**. EDITORIAL Mc GRAW HILL. ESPAÑA.

URALITA MANUAL DE DEPURACIÓN. (1995). **"SISTEMA PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN NÚCLEOS DE HASTA 20,000 HABITANTES"**. EDITORIAL PARANINFO. ESPAÑA.

VERNOR L: SNOEYINK, DAVID JENKINS. (1997). "QUÍMICA DEL AGUA" EDITORIAL LIMUSA. MÉXICO.

WINKLER MICHAEL. (1981). "BIOLOGICAL TREATMENT OF WASTER-WATER". EDITORIAL ELLIS HORWOOD. INGLATERRA.

YEDID RAFFUL BENJAMÍN. (2005). "PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN (MATERIALES LIGEROS)" REVISTA #1 , MÉXICO.

DOY UN CORDIAL AGRADECIMIENTO A LAS AUTORIDADES DEL **GOBIERNO DE TOLUCA ESTADO DE MÉXICO** POR DEJARME CONSULTAR LIBROS Y REVISTAS EXCLUSIVAMENTE DE CARÁCTER INTERNO DE LAS DEPENDENCIAS QUE A SU CARGO RIGEN, ADEMÁS DE PERMITIRME SACAR FOTOGRAFÍAS CADA VEZ QUE REALIZABAMOS UNA VISITA POR PARTE DE CAEM, TAMBIÉN POR HACERME LA INVITACIÓN AL RECORRIDO CON EL GOBERNADOR ENRIQUE PEÑA NIETO A LAS INSTALACIONES DEL RÍO LERMA Y EL SISTEMA CUTZAMALA DONDE RECOPIÉ LA MAYORIA DE LA INFORMACIÓN.

AGRADEZCO AL **INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (I.M.T.A.)** POR PERMITIRME VISITAR SUS INSTALACIONES UBICADAS EN JIUTEPEC EN EL ESTADO DE CUERNAVACA MORELOS DONDE REALIZAMOS UN RECORRIDO DENTRO DE SUS INSTALACIONES EXPLICÁNDONOS TODOS SUS PROCESOS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA TRATADORA.

DOY LAS GRACIAS POR OTORGARME LAS FACILIDADES EN LO QUE SE REFIERE A INFORMACIÓN DEL **ORGANISMO DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ (OAPAS)** POR EL APOYO BRINDADO DE PARTE DEL DIRECTOR GENERAL DE DICHO ORGANISMO EL ING. RAYMUNDO GARZA VILCHIS; POR MEDIO DE EL Y DEL AREA DE CULTURA DEL AGUA PARA SABER LOS PROCEDIMIENTO QUE SE ESTAN TOMANDO PARA INCULCAR EN LA CIUDADANIA SOBRE EL AHORRO DE ESTE VITAL LIQUIDO; ADEMÁS DE QUE ME HICIERON LA CORDIAL INVITACIÓN AL IV FORO MUNDIAL DEL AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO DEL 16 AL 22 DE MARZO DEL 2006.

POR PARTE DEL ORGANISMO DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE NAUCALPAN ASISTI A LA EXPO CIHAC 2005 DONDE TUVE LA OPORTUNIDAD DE ESCUCHAR UNA PLATICA DEL GERENTE DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL DEL CENTRO DE TECNOLOGÍA DEL CEMENTO Y CONCRETOS DE CEMENTOS MEXICANOS (CEMEX) ÁNGEL PONCE CÓRDOVA AHÍ APRENDI SOBRE LAS INNOVACIONES DE LOS CONCRETOS LIGEROS CELULARES Y SUS APLICACIONES EN EL PAÍS, DÁNDONOS A CONOCER QUE SE ESTAN CONSTRUYENDO UNIDADES HABITACIONALES CON ESE TIPO DE CEMENTOS EN EL INTERIOR DE LA REPÚBLICA.

GLOSARIO

Abrasión: Acción y efecto de desgastar por fricción o por agentes externos.

Absorción: La retención de una sustancia dentro del cuerpo de otra

Acidez: La acidez de una agua es una medida de la calidad total de sustancias ácidas (H+) presentes en esa agua, expresadas en partes por millón de carbonato de calcio equivalente.

Acido: Es un compuesto, usualmente de sabor agrio, que es capaz de neutralizar un álcali o base; un compuesto ionizable cuyos iones positivos son iones hidrógeno.

Acuífero: formación geológica en la cual porta agua la cual fluye de un lugar a otro.

Adsorción: Es la acción de adherirse de los sólidos disueltos, coloidales o finamente divididos, sobre la superficie de cuerpos sólidos con los que entran en contacto.

Aireador: Dispositivo de plástico el cual tiene la función de inyectar aire a una masa de agua para llevar a cabo el proceso de aireación.

Aerobio: Organismo que se desarrolla en un medio que contiene aire u oxígeno libre.

Aglomeración: Es la acción de congregarse a la materia en suspensión la cual está dispersa, en o porciones mayores las cuales se sedimentan más rápidamente.

Agua: Es un elemento natural compuesto químicamente por dos partes de Hidrógeno y una parte de Oxígeno; este puede tener en solución o en suspensión a otros materiales sólidos, líquidos o gaseosos su fórmula es (H₂O), tiene la particularidad de pasar a estado sólido, líquido y gaseoso.

Agua Potable: Es el agua que no contiene contaminación, minerales o infecciones y que se considera satisfactoria para el consumo doméstico apropiada para beber.

Aireación: Es la acción de poner en contacto el aire con el agua para llevar a cabo el proceso de oxidación

Alcalinidad: Es una medida de la calidad total de sustancias alcalinas presentes en el agua, y se expresa en partes por millón de CaCO₃ (Carbonato de Calcio).

Algas: Son organismos fotosintéticos. En ausencia de luz solar, las algas viven en forma químico-sintética y consumen oxígeno, de modo que en el agua que tienen algas hay una variación diaria de los niveles de OD; puede ocurrir una sobresaturación durante el día y una disminución significativa en la noche. Las algas pueden ser verdes, verde-azules, cafés o amarillas, lo que depende de las proporciones de pigmentos particulares. Aunque las algas y las bacterias viven y crecen en la misma solución, no compiten por el alimento sino que establecen una relación simbiótica.

Aminas: Sustancia química que se forma sustituyendo uno o dos átomos de hidrógeno del amoníaco por radicales alcohólicos.

Anaerobio: Organismo que se desarrolla en un medio sin oxígeno.

Autodepuración: Facultad de un medio para eliminar naturalmente las sustancias que recibe, en especial las contaminantes.

Autopurificación: Es el proceso natural de purificación en una masa de agua móvil o tranquila, por el cual disminuye el contenido de bacterias, se estabiliza la materia orgánica y el oxígeno disuelto regresa a su concentración normal.

Base: Es un álcali o hidróxido de un metal alcalino o de amoníaco, que neutraliza los ácidos para formar una sal y agua formando iones (OH⁻).

Biodegradable: Propiedad que tienen algunos materiales complejos de ser degradados por microorganismos para formar productos finales sencillos, estos productos se dan de manera natural en el medio ambiente y también se forman de manera natural. La biodegradabilidad de un compuesto depende de las condiciones biológicas en las que se degrade y de su estructura química.

Biomasa: Es la abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en una área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico, la biomasa es un combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos.

Biota: Conjunto de animales y plantas que habitan en un lugar determinado

Bomba: Es un dispositivo mecánico que sirve para hacer que el agua fluya por medio de una aplicación de presión haciendo que el agua ascienda a diferentes niveles.

Cambio Químico: Es una alteración en la composición y descomposición de la materia subdividiéndose en dos ramas: La Química analítica que trata de la descomposición de la materia en sus componentes fundamentales; la Química sintética que trata de la construcción de la materia a partir de sus constituyentes fundamentales.

Carbonato: Es una sal del ácido carbónico que contiene el radical (CO₃)

Carbón activado: Son partículas de carbón que son obtenidos generalmente por carbonización de material celulósico en ausencia de aire, posee una gran capacidad de absorción; este es muy usado para el control de sabor y olor.

Carga hidráulica: 1) Es la altura desde la superficie libre del espejo del agua hasta un punto determinado bajo una superficie. 2) Es también la altura de elevación hidráulica sobre el punto central de un tubo a presión, en una sección determinada, esta es conocida como carga de presión o columna de agua.

Cloaca: Conducto para las aguas sucias de la población.

Cloro: Es un elemento que existe comúnmente como gas amarillo verdoso que es aproximadamente 2.5 veces más pesado que el aire, este es utilizado principalmente para desinfección su fórmula es Cl.

Coagulación: Es la acción de congregarse a la materia suspendida en el agua, coloidal o finamente dividida, esto se presenta agregando al agua un químico coagulante.

Coloide: Es una suspensión de sólidos finamente divididos los cuales no se sedimentan fácilmente, estos pueden eliminarse por medio de la coagulación.

Compuesto: es una sustancia cuyas moléculas están formadas por dos o más elementos diferentes, que han entrado en combinación Química para formar otra sustancia diferente de los elementos constitutivos.

Concentración: Es una medida de la cantidad de sustancias disueltas contenidas por una unidad de volumen de solución, puede expresarse como partes por millón, miligramos por litro.

Contaminación: Es un termino general que significa la introducción al agua de microorganismos, que hace que el agua sea impropia para el consumo humano; generalmente esto implica la presencia de bacterias patógenas.

Corrosión: Es la deterioración gradual o destrucción de una sustancia o de un material, por acción química; generalmente se aplica este termino a la oxidación o enmohecimiento del hierro.

Crisoll Gooch: Vaso de material refractario, porcelana, grafito, hierro plata o platino el cual se emplea para la fundición de metales, este puede adquirir diferentes formas geométricas dependiendo su uso.

Desinfección: Es el aniquilamiento de la mayor parte (pero no necesariamente de todas) de las bacterias, por medio de sustancias químicas, calor, luz, ultravioleta, etc.

Difusores: Placa porosa o tubos perforados a través de los cuales el aire es forzado y dividido en burbujas para su difusión el líquidos.

Dureza: Es un característica del agua, debida principalmente a su contenido en carbonatos y sulfatos, y ocasionalmente a los nitratos y cloruros, de calcio, magnesio y hierro que hace que el jabón forme grumos en el agua, que se consume más jabón, que se depositen incrustaciones en las calderas y que producen efectos perjudiciales en algunos procesos industriales y a veces da sabor indeseable al agua,

Efluente: Vertido de agua residual procedente de las viviendas, de la industria o de las depuradoras después del tratamiento, más o menos contaminadas según su origen.

Electrolito: Es una sustancia que se disocia en partículas cargadas eléctricamente, o iones al disolverse en agua.

Enzimas: Sustancia proteínica que producen las células vivas y que actúa como catalizador en los procesos de metabolismo.

Escurrimiento: Es la parte del agua de lluvia que llega a una corriente de una cuenca tributaria, en esta forma puede compararse el escurrimiento con la precipitación; este término se expresa generalmente en milímetros o en pulgadas de profundidad o altura.

Espectrofotómetro: Se usa para medir la intensidad de un espectro determinado en comparación con la intensidad de luz procedente de una fuente patrón, esta comparación permite determinar la concentración de la sustancia que ha producido ese espectro

Eutrofización: (Del griego *eu*, "bueno" y *trofé*, "alimento"). Aportación excesiva de materias orgánicas, nitratos o fosfatos, que lleva consigo la proliferación de microorganismos y de bacterias consumidoras del oxígeno disuelto en medio acuático. En medio de asfixia, lo cual puede ser fatal para los peces, la producción de agua potable se hace difícil y el baño puede ser peligroso.

Examen microscópico: Es el examen que se le realiza al agua abajo el microscopio para determinar la presencia y cantidades de organismos vegetales y animales, como las algas, las diatomeas, los

protozoarios, los crustáceos, etc. La presencia de tales organismos pueden indicar la contaminación con aguas negras, el progreso de la purificación de una corriente, o la forma de vida orgánica la cual puede causar sabores, olores, aspectos no deseables o interferencia con el proceso de filtración.

Facultativo: tiene la capacidad de vivir bajo más de un conjunto específico de condiciones ambientales. Por lo general se usa este término para referirse a la tolerancia del oxígeno libre.

Fauna: Conjunto de especies animales que habitan en una región geográfica, que son propias de un periodo geológico o que se pueden encontrar en un ecosistema determinado.

Fenoles y detergentes: Los compuestos fenólicos y los detergentes son causantes de contaminación; sin embargo, el mayor problema lo causan sobre las aguas que deben ser reutilizadas. Los fenoles causan problemas de sabor en el agua, se producen en operaciones industriales y aparecen en las aguas residuales que contienen desechos industriales, pueden ser biológicamente oxidados en concentraciones de hasta 500 mg/L. Cuando los detergentes están constituidos en más del 75% por alquil benzeno sulfonatos (ABS), no son biodegradables por lo que su acción perdura. El inconveniente más visible reside en la formación de espuma cuando el agua es agitada; las concentraciones mayores tienen consecuencias fisiológicas.

Fermentación: Proceso químico por el que se forman los alcoholes y ácidos orgánicos a partir de los azúcares.

Fertilizante: sustancia o mezcla química natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo favoreciendo el crecimiento vegetal estimulando el crecimiento de las plantas cuando las tierras son sobre-explotadas.

Filtración: Es un proceso que consiste en pasar un líquido por un medio filtrante, el cual puede consistir en un material granular como la arena, tierra diatomácea o papel especialmente preparado; estos con el propósito de eliminar la materia suspendida o coloidal, de un tipo que generalmente no se puede eliminar por sedimentación.

Floculación: Es la formación de floculos subsecuente al proceso de coagulación.

Flóculo: Pequeñas masas gelatinosas que se forman en un líquido por haberle agregado coagulantes.

Flotación: Es la acción de sostener un cuerpo en la superficie de un líquido este proceso sirve para concentrar y separar sólidos de granulometría fina que presentan distintas propiedades superficiales, generalmente mezclas de minerales y gangas.

Fosfatos: Sales oxidadas y en ocasiones hidratadas del fósforo. El fósforo se encuentra en forma natural en el agua en una cantidad muy reducida. Es necesario para el desarrollo de los vegetales; los desechos excesivos de fosfatos dependen de la actividad humana (urbana, industrial y ganadera). Los encontramos en los detergentes caseros, jabones y abonos; los productos de limpieza producen el 40% de la contaminación doméstica en fósforo.

Fotosíntesis: Proceso metabólico por el que las plantas transforman sustancias inorgánicas en orgánicas desprendiendo oxígeno, gracias a la transformación de la energía luminosa en la química producida por la clorofila.

Gasto: Es el volumen de agua que pasa, por unidad de tiempo por un determinado punto de observación en un instante dado. Sus expresiones más usuales son litros por segundo (lps), metros cúbicos por minuto ($m^3/min.$), metro cúbico por día ($m^3/día$), pies cúbicos por segundo (cfs).

Gravimetría: Conjunto de métodos utilizados en la medición de la aceleración de la gravedad.

Hidrógeno: Es el gas más ligero que se conoce, es el mayor constituyente de todos los ácidos, su fórmula es H.

Hidrólisis: Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya por el exceso de agua, ya por la presencia de una corta cantidad de fermento o de ácido.

Hipoclorito: Es el compuesto que contiene el ion hipoclorito (OCl)⁻, generalmente se refiere al hipoclorito de calcio o el de sodio, estos se ocupan para la desinfección.

Hongos: Pequeños vegetales que no tienen clorofila, ni raíces, tallos u hojas y que se presentan en el agua, en las aguas negras los cuales crecen mejor con ausencia de luz.

Humus: Son los residuos carboníferos de color oscuro o negro que se encuentran en la tierra y que son el resultado de la descomposición de los tejidos vegetales de las plantas que generalmente crecieron en ella.

Impermeable: es un término que se aplica a un material a través del cual no puede pasar agua, o pasa con gran dificultad.

Infiltración: Es el flujo o movimiento de agua a través de los poros del suelo u otro medio poroso la absorción es su principal característica ya sea que caiga como precipitación o que provenga de una corriente que fluya sobre su superficie.

Ion: Es una partícula, que puede ser un átomo o un grupo de átomos, que lleva una carga eléctrica positiva o negativa, y que se forma cuando un electrolito se disuelve en agua.

Ionización: Es un proceso de formación de iones por desdoblamiento de las moléculas de electrolitos disueltos.

Lípidos: Grupo heterogéneo de sustancias orgánicas que se encuentran en los seres vivos, los lípidos están formados por carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque en proporciones distintas a como estos componentes aparecen en los azúcares.

Lodo: Son los sólidos depositados por las aguas negras, o desechos industriales crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques y que contiene agua para formar una masa semilíquida.

Macrofitas: (del griego macros "*grande*", "*largo*", y *fyton*, "planta"). Plantas visibles a simple vista.

Materia en suspensión (MES): Materia orgánica o mineral no soluble en el agua y compuesta por partículas en suspensión, la materia orgánica forma tres cuartas partes de las materias en suspensión contenidas en el agua residual doméstica.

Metabolismo: Es el conjunto de procesos o cambios químicos en un organismo o en una sola célula, por los cuales el alimento se transforma en protoplasma vivo y por lo que el protoplasma es transformado en compuestos más simples con el intercambio de energía consiguiente.

Metales pesados: Esencialmente son los metales contaminantes como mercurio, plomo, cobre, zinc, cadmio, cromo y níquel.

Microorganismo: Es una pequeña planta o animal, visible solamente con el auxilio del microscopio.

Molécula: Mínima porción que puede separarse de un cuerpo sin alterar su composición química, es por tanto, el límite de la división de la materia por medios físicos.

Nitratos: Es la forma estable, oxidada, de un compuesto de nitrógeno, que contiene el radical (NO₃)⁻. Es el producto final más sencillo y utilizable de nitrógeno; estos son la base de los fertilizantes que sirven de alimento a los vegetales, los cuales se desarrollan para suministrar alimentos a los animales vivos.

Nitrógeno: Es un elemento esencial en las reacciones biológicas, existen cuatro formas principales:

1. Nitrógeno orgánico. Nitrógeno en forma de proteínas, aminoácidos y urea.
2. Nitrógeno amoniacal. Nitrógeno como sales de amoníaco o amoníaco libre.
3. Nitrógeno de nitritos. Etapa intermedia de oxidación del nitrógeno.
4. Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del nitrógeno.

La oxidación de los compuestos de nitrógeno, que se llama nitrificación y a la reducción del nitrógeno se le conoce como desnitrificación. Las concentraciones relativas de las diferentes formas de nitrógeno dan una indicación útil de la naturaleza y la concentración de la muestra. La presencia de cualquiera de las formas del nitrógeno puede ser indicio de presencia de contaminación bacteriana. Los nitratos resultan tóxicos cuando se presentan en cantidades excesivas en el agua potable.

Nitrificación: Es la oxidación del nitrógeno orgánico hasta llegar a los nitratos debido a la acción bioquímica.

Nitrito: Es una forma oxidada de compuestos de nitrógeno, que contiene el radical (NO₂)⁻, del cual se forma por oxidación o nitrificación el radical estable nitrato.

Organismos Patógenos: Los organismos patógenos que contienen las aguas residuales pueden provenir de desechos humanos que están infectados o que sean portadores de alguna enfermedad determinada.

Oxidación: Es el proceso consistente, en agregar el elemento oxígeno a un compuesto por combinación química formando una reacción a la que acompaña un aumento en valencias positivas o en una disminución de valencias negativas en un elemento; es lo contrario a la reducción.

Oxido: Es un compuesto que usualmente contiene dos elementos, de los que uno es el oxígeno, llegando así a la oxidación de un elemento.

Oxígeno: Es un elemento gaseoso, incoloro, inodoro que constituye aproximadamente la quinta parte del volumen de la atmósfera y esta presente en forma de combinaciones por toda la naturaleza fórmula O₂.

Parásito: es un animal o planta que vive sobre o en un organismo de otra especie (huésped) de cuyo cuerpo obtiene sus nutrientes.

Percolación: Es el flujo, goteo o movimiento de agua a través de los poros del suelo hacia abajo por medio de un medio filtrante u otro medio.

Pérdida de carga: Es la disminución de la carga hidráulica o columna de agua o presión entre dos puntos.

Permeable: Es un término que se aplica a un material a través del cual puede pasar el agua con relativa facilidad.

pH: Este mide la cantidad de actividad de un ácido o un álcali en consecuencia entre más activo sea un ácido, menos será el pH y cuando más activo sea el álcali, mayor será

Proteína: La palabra proteína proviene del griego "*proteios*" que se significa primero; es cualquiera de las sustancias químicas que forman parte de la materia fundamental de las células y de las sustancias vegetales y animales.

Prueba de jarras: Es una prueba de laboratorio que se usa para determinar las cantidades óptimas de coagulante que deben emplearse para lograr la coagulación más eficiente.

Putrefacción: Es la descomposición biológica de la materia orgánica, con la producción de productos de olor ofensivo asociado a las condiciones anaerobias.

Reactivo: Es la sustancia que presenta una reacción química al agregársele otra sustrancia.

Saturación: Es el estado de un líquido cuando ya ha disuelto la máxima cantidad que es posible de un cierta sustancia, a presión o temperatura dada.

Sedimento: Es cualquier material que lleve en suspensión el agua y que finalmente se depositará en el fondo después de que ésta haya perdido velocidad, pueden ser materiales muy finos.

Sedimentación: Es el proceso de asentamiento y depósito de la materia suspendida en el agua por la fuerza de gravedad, generalmente se logra disminuyendo la velocidad del flujo del agua.

Sólidos disueltos: Es la materia disuelta en una solución.

Sólidos suspendidos: Es todo el material visible que contiene el agua, que al tiempo del muestreo no está disuelto, y que puede eliminarse por filtración.

Solución: Es cuando el agua presenta pequeñas cantidades de azúcares, sales o bicarbonatos de sodio los cuales no alteran la calidad del agua ya que no se presenta ninguna reacción Química entre la sustancia disuelta llamada soluto y el líquido en que se disuelve llamado solvente.

Soluto: Es la sustancia disuelta de una solución determinada.

Solvente: Es el líquido en el que se disuelve otra sustancia.

Sulfato: Combinación del ácido sulfúrico con un radical mineral u orgánico.

Suspensión: Es un sistema que consiste en pequeñas partículas que se mantiene dispersas en el agua que las rodea, por medio de la agitación o del movimiento molecular. La permanencia o estabilidad de una sustancia depende del grado de agitación y del tamaño que esta presenta.

Suspensión Coloidal: Es cuando el agua presenta partículas muy finas por medio de la tierra que contiene, presentando arcillas y materiales finos los cuales permanecen uniformemente dispersos por toda el agua estos son todavía visibles.

Tanino: Sustancia astringente contenida en algunos vegetales, que sirve para curtir las pieles.

Tiempo de retención: Es el periodo de tiempo que teóricamente debe trascorrir para que el agua pase a través de un tanque o un depósito, suponiendo que el agua se mueve a una velocidad uniforme, matemáticamente es igual al volumen del tanque dividido entre el gasto.

Trihalometanos: Fueron identificados en agua potable en 1974, y su presencia fue ligada a la cloración del agua. La formación de especies brominadas es atribuida a la presencia de bromuros en el agua cruda y a la acción del ácido hipocloroso que puede oxidar el ion bromuro a ácido hipobromoso. Juntos los ácidos hipobromoso e hipocloroso pueden adicionarse y sustituir reacciones con varios tipos de compuestos orgánicos en el agua para producir material organohalogenado. Otros estudios han demostrado que las sustancias húmicas las cuales provienen de la descomposición de material vegetal (tallos, hojas, humus) son los principales precursores de los trihalometanos en el agua potable.

Es poco el conocimiento acerca del efecto potencial sobre la salud humana de los productos químicos que se forman en el proceso de desinfección a bajos niveles, en el agua potable. Datos epidemiológicos sugieren que los subproductos de la cloración pueden incrementar la incidencia de ciertos tipos de cáncer en la población humana. Hay datos que indican que subproductos individuales del cloro y otros desinfectantes son cancerígenos en animales a dosis que son más altas que las que se encuentran en el agua potable. Otros efectos toxicológicos han sido asociados con altas dosis de varios subproductos.

Turba: Combustible fósil formado de residuos vegetales acumulados en sitios pantanosos, puede ser estiércol mezclado con carbón mineral que se emplea como combustible en hornos.

Turbiedad: Es la condición de un líquido debida al material visible, finalmente dividido y en suspensión, que puede o no ser de tamaño suficiente para distinguirlo en partículas aisladas a simple vista, pero que impide al paso de la luz a través del líquido.

Vertedor: Es un obstáculo que se coloca cruzando una corriente de manera que obligue al agua a pasar por una abertura o escotadura, permitiendo así que se pueda medir la cantidad de agua que pasa.

Volátil: Tiene la característica de vaporizarse muy fácilmente.

Volumetría: Método químico para medir cuanta cantidad de una disolución se necesita para reaccionar exactamente con una disolución de concentración y volumen conocido.